



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.

UC-NRLF



B 3 878 910

K-QK

671

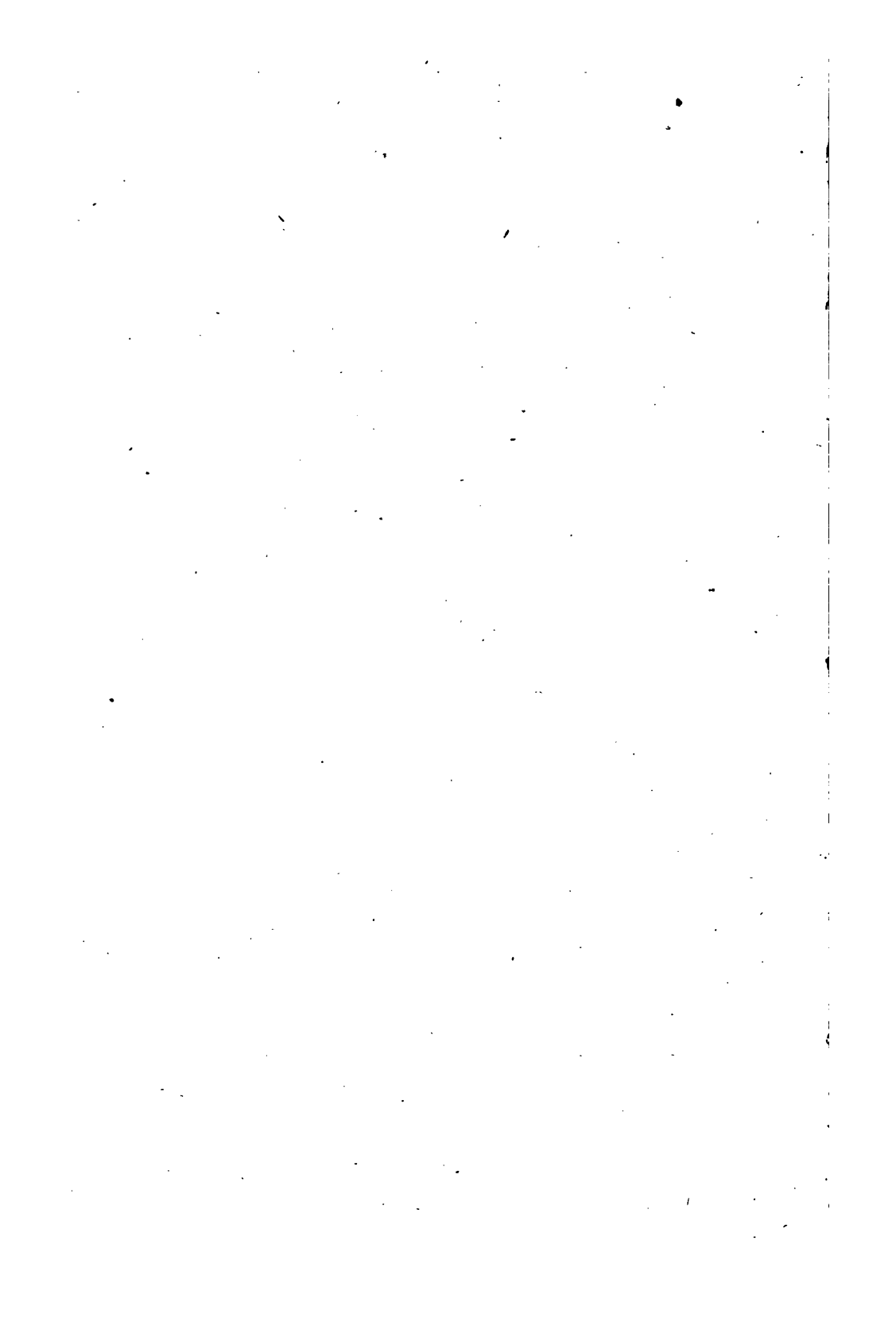
S2B





THE LIBRARY
OF
THE UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

PRESENTED BY
PROF. CHARLES A. KOFOID AND
MRS. PRUDENCE W. KOFOID



H. Schacht

GRUNDRISS
DER
ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE
DER GEWÄCHSE.

Zum Gebrauch beim Unterricht und zum Selbststudium

für

Mediciner, Pharmaceuten, Land- und Forstwirthe,

sowie für Studirende der Naturwissenschaften überhaupt.

Von

Dr. Hermann Schacht.

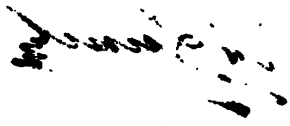
Mit 349 mikroskopischen Abbildungen auf 159 in den Text gedruckten Holzschnitten.

BERLIN.

VERLAG VON G. W. F. MÜLLER.

1859.

u. Post



**Uebersetzungen in fremde Sprachen, desgleichen Nachbildung der Illustrationen nur mit Genehmigung
des Verfassers und Verlegers.**

K-QK671
528
Biol
L.L

V o r w o r t.

Eine kurze und präzise Darstellung der wichtigsten Resultate neuer Forschung auf dem Gesamtgebiete der Pflanzen-Anatomie und Physiologie erscheint mir, sowohl zur Bequemlichkeit des Lehrenden, als auch zum Nutzen des Lernenden, wünschenswerth, da die vorhandenen, zum Theil sehr werthvollen, Werke entweder veraltet, oder für den genannten Zweck zu umfangreich sind, andere aber nur einen Theil der Pflanzen-Anatomie, die Pflanzenzelle, behandeln. Ich hielt es deshalb für angemessen, nach dem Erscheinen meines Lehrbuches einen kurzen Auszug desselben zu geben, welcher mit Weglassung der Geschichte, Literatur und der speciellen Beobachtungen, nur die Resultate der Forschungen enthält und so dem Lehrer als Leitfaden für seine Vorlesungen dienen kann, dem Lernenden aber alles dasjenige mittheilt, was ihm zu wissen nothwendig ist. Wer sich dann weiter unterrichten will, findet in meinem Lehrbuche die hier nur kurz angedeuteten Verhältnisse ausführlicher besprochen und zugleich den Nachweis für die betreffende Literatur derselben. — Ich habe die Eintheilung des Lehrbuches auch für den Grundriss beibehalten.

Da nun die Naturwissenschaften überhaupt in einem beständigen Fortschritte begriffen sind und mit den neu entdeckten Thatsachen häufig auch eine Aenderung der bisherigen Ansichten und Theorien verbunden ist, so scheint mir eine kurze Zusammenstellung der im Laufe eines Jahres gewonnenen Fortschritte auf dem Gebiete der Pflanzen-Anatomie und Physiologie,

welche früher von MEYEN, darauf von LINK und zuletzt von MÜNTER gegeben wurde, in den letzten Jahren aber unterblieben ist, zweckmäßig und wird dieselbe von nun ab, gewissermaßen als Nachtrag zu meinem Lehrbuche und somit auch zum Grundrifs, alljährlich als besondere, 4 — 5 Bogen starke, Schrift erscheinen.

Das Studium der Pflanzen-Anatomie und Physiologie, von dem die Entwicklungsgeschichte unzertrennlich ist, lehrt uns nicht allein den Bau, die nothwendigen Bedingungen und die Erscheinungen des Lebens der Pflanze, es erklärt uns auch die morphologischen Verhältnisse, die ebenfalls als gesetzmäßige Folgen innerer Vorgänge zu betrachten sind, so daß wir durch dasselbe erst ein Verständniß des Formenreichthums erhalten, auf dem die äußere, für die beschreibende Botanik so wichtige, Erscheinungsweise der Gewächse beruht. Die Pflanzen-Anatomie und Physiologie ist demnach eigentlich das Fundament der beschreibenden Botanik und verdient schon deshalb eine viel größere Beachtung als ihr bis jetzt zu Theil geworden. Sie ist aber auch andererseits, durch den einfacheren Bau der Gewächse, die Brücke zur Physiologie des Thierreichs, wo manche Lebensvorgänge, z. B. die Zellenbildung und der Zeugungsact, weil der Organismus complicirter, auch schwieriger zu beobachten sind. Eine allgemeine Kenntniß ihrer wichtigeren Resultate kann somit auch für das Studium der thierischen feineren Anatomie und Physiologie sehr nützlich werden.

Und so wünsche ich denn, daß diese Blätter eine freundliche Aufnahme finden und dazu beitragen mögen, einem Zweige der Wissenschaft, welcher eben so interessant als wichtig ist, recht viele Freunde zu gewinnen.

Berlin, im Februar 1859.

HERMANN SCHACHT.

Inhalt.

Erste Abtheilung.

I.

	Seite
§. 1. Einleitung	1
§. 2. Die Methode der Untersuchung	2
§. 3. Die Elementarstoffe	3

II.

§. 4. Die Membran der Pflanzenzelle	5
§. 5. Das Protoplasma	11
§. 6. Der Zellkern	13
§. 7. Der Zellsaft und die in ihm enthaltenen Stoffe	14

III.

§. 8. Das Entstehen der Pflanzenzelle	18
§. 9. Freie Zellenbildung	18
§. 10. Zellenbildung durch Theilung	19

IV.

§. 11. Das Wachsthum und die Ernährung der Zellmembran	22
--	----

V.

§. 12. Die Pflanzenzellen mit einander verbunden	26
§. 13. Die Intercellularräume	27
§. 14. Die Intercellularsubstanz	28
§. 15. Die Cuticula	29

VI.

§. 16. Die Arten der Pflanzenzelle	32
§. 17. Das Gewebe der Pilze und Flechten	35

VI

Inhalt.

	Seite
§. 18. Die Zellen der Algen	37
§. 19. Das Parenchym und seine Zellen	38
§. 20. Das Cambium	40
§. 21. Die Gefäße	42
§. 22. Das Holzgewebe	46
§. 23. Das Bastgewebe	49
§. 24. Die Oberhaut	52
§. 25. Die Spaltöffnungen der Oberhaut	53
§. 26. Die Nebenorgane der Oberhaut	54
§. 27. Der Kork	56

VII.

§. 28. Der Verdickungs- oder Cambiumring	58
--	----

VIII.

§. 29. Die Gefäßbündel der Pflanze	60
§. 30. Die Gefäßbündel der Kryptogamen	61
§. 31. Die Gefäßbündel der Monocotyledonen	64
§. 32. Die Gefäßbündel der Dicotyledonen	66

IX.

§. 33. Die Aufnahme der Stoffe und die Wege der Saftführung	70
§. 34. Die Verarbeitung der aufgenommenen Stoffe durch die Pflanzenzellen	73
§. 35. Die Resorption	77
§. 36. Die Secretion	78
§. 37. Der Tod der Pflanzenzelle	79

X.

§. 38. Das polarisirte Licht und seine Wirkung auf die Pflanzenzelle	81
--	----

Zweite Abtheilung.

§. 39. Die Grundorgane der Pflanze	82
--	----

XI.

§. 40. Die Stammknospe	83
§. 41. Der Stamm im Allgemeinen	88
§. 42. Der Stamm der Kryptogamen	94
§. 43. Der Stamm der Monocotyledonen	95
§. 44. Der Stamm der Dicotyledonen	97

XII.

Seite

§. 45. Das Blatt im Allgemeinen	103
§. 46. Die Keimblätter	104
§. 47. Die Knospenschuppen	106
§. 48. Die Laubblätter	108
§. 49. Der innere Bau der Blätter	112
§. 50. Die Knospenlage der Blätter und die Blattstellung	114
§. 51. Die Knospenbildung auf den Blättern und das Absterben der Blätter	116

XIII.

§. 52. Die Wurzel	117
§. 53. Die Wurzelknospe	118
§. 54. Die Wurzel im Allgemeinen	119
§. 55. Die Wurzel nach ihrer Function für die Pflanze	122
§. 56. Der innere Bau der Wurzel	126

XIV.

§. 57. Die Fortpflanzung der kryptogamen Gewächse	129
§. 58 u. 59. Die Fortpflanzung der Pilze und Flechten	133
§. 60. Die geschlechtliche Fortpflanzung der Algen	136
§. 61. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung der Algen durch Schwärm- sporen und Brutzellen	138
§. 62. Die Fortpflanzung der Charen	139
§. 63 u. 64. Die Fortpflanzung der Leber- und Laubmoose	140
§. 65. Die Fortpflanzung der Farnkräuter	142
§. 66. Die Fortpflanzung der Equisetaceen	144
§. 67. Die Fortpflanzung der Lycopodiaceen	145
§. 68. Die Fortpflanzung der Rhizocarpeen	145

XV.

§. 69. Die Blüthe der phanerogamen Gewächse	146
§. 70. Die äußeren Blattkreise der Blüthe	152
§. 71. Das Staubblatt	152
§. 72. Die Nebenorgane der Blüthe	157
§. 73. Der Fruchtknoten	157
§. 74. Die Zahlen- und Stellungsverhältnisse der Blüthe	163
§. 75. Der Blütenstand	165

XVI.

§. 76. Die Befruchtung der Phanerogamen im Allgemeinen	168
§. 77. Der Blütenstaub	169

	Seite
§. 78. Die Bestäubung	173
§. 79. Die Samenknoſpe und der Embryoſack	174
§. 80. Die Keimkörperchen und ihre Gegenfüßler	178
§. 81. Der Vorgang der Befruchtung	180

XVII.

§. 82. Die Frucht der Phanerogamen	186
§. 83. Der Same	189
§. 84. Der Keim	190
§. 85. Vergleichende Charakteriſtik der Blüthe und Frucht der Coniferen und Amentaceen	192

XVIII.

§. 86. Die Fortpflanzung der Phanerogamen durch Samen (Geſchlechtliche Vermehrung)	195
§. 87. Die Fortpflanzung der Phanerogamen durch Knospen (Ungeschlecht- liche Vermehrung)	196

XIX.

§. 88. Die Bewegungserscheinungen im Pflanzenreich	198
§. 89. Die Krankheiten der Pflanzen	199
§. 90. Die Lebensdauer und der natürliche Tod der Gewächse	201

Erste Abtheilung.

Die Pflanzenzelle und ihre Lebenserscheinungen.

I. Einleitung.

§. 1. **D**er Anfang jeder Pflanze ist eine einzige Zelle, aus welcher sich allgemach in gesetzmässig geregelter Weise der oft aus zahllosen Zellen von verschiedener Gestalt und Ausbildung bestehende Pflanzenkörper entwickelt. Nur in seltenen Fällen verschmelzen mehrere oder viele Zellen mit einander zu einem Ganzen (bei den Milchsaftegefäßen der Carica und der Cichoraceen), während im thierischen Organismus die Mehrzahl der Gewebe-Arten im ausgebildeten Zustande ihre ursprüngliche Zellennatur verlassen hat. Im Pflanzenreich ist deshalb die selbstständige Zelle vorherrschend, sie bewirkt durch Diosmose den Saftaustausch, wogegen im Thierreich ein ausgebildetes Circulationssystem in anderer Weise den Kreislauf der Säfte vermittelt.

Die Zelle unterscheidet sich vom Krystall durch die chemische und physikalische Ungleichheit der Stoffe. Eine feste Membran umkleidet einen flüssigen Inhalt, in dem wieder feste und halb flüssige Stoffe vertheilt sind, während der Krystall durch seine ganze Masse eine gleiche Zusammensetzung zeigt. Durch die Wechselwirkung der verschiedenen Stoffe entsteht in der Zelle das Leben; dem Krystall dagegen, nur aus einem Stoff bestehend, fehlt diese Wechselwirkung; er ist todt zu nennen.

In der organisirten Natur ist somit die Zelle das Grundorgan, aus dem sowohl das Thier als auch die Pflanze hervorgeht und sich alle Organe derselben ursprünglich bilden; im Mineralreich dagegen fehlt die lebendige Zelle, denn auch die verkieselten und verkalkten Hölzer, desgleichen die fossilen Knochen, sind nur die Skelete abgestorbener Organismen; was wir Leben nennen, ist deshalb nur dem Thierreiche und dem Pflanzenreiche eigen. Die Grenze zwischen diesen beiden Reichen aber ist nunmehr schwieriger als die Marke zwischen der organisirten und unorganisirten Natur zu ziehen, weil beide sich in den einfachsten, oft nur aus einer einzigen Zelle bestehenden,

Organismen so nahe berühren, daß die Bestimmung, ob Thier oder Pflanze, oftmals der Neigung oder Anschauungsweise des Einzelnen überlassen bleibt, wogegen die höher organisirten Gebilde beider Reiche bekanntlich leicht zu unterscheiden sind. Das höher ausgebildete Thier ist nämlich mit einem Circulations-, einem Verdauungs- und einem Nervensystem und außerdem mit Muskeln versehen, deren Anfänge zwar aus Zellen bestehen, die aber im ausgebildeten Zustande ihre Zellenstructur mehr oder weniger verlassen haben, wogegen selbst der höchst organisirten Pflanze die betreffenden, dem Thierreich zukommenden, inneren Organe fehlen und nur unter sich gestaltlich und functionell verschiedene Zellen, in gesetzmäßiger Anordnung, den Pflanzenkörper aufbauen, in welchem selbst das Gefäßbündelsystem, als das einzige zusammenhängende System der Pflanze, aus ungleichwerthigen Zellen zusammengesetzt ist. Die Saftcirculation der Gewächse beruht deshalb allein auf Diösmose.

Die Methode.

§. 2. Zum Studium der Pflanzen-Anatomie und Physiologie bedarf man außer dem Object (der Pflanze) noch verschiedener Instrumente und chemischer Reagentien, mit deren Handhabung man vertraut sein muß. Dem Mikroskop und dem anatomischen Messer verdanken wir hier das Meiste und habe ich in meiner Anleitung zum Gebrauch dieses Instrumentes sowohl für die Untersuchung im Allgemeinen als Speciellen die geeignete Methode beschrieben. Von dieser aber ist das Resultat der Untersuchung zunächst abhängig. — Man muß sich zuerst eine äußere Kenntniß des zu untersuchenden Gegenstandes verschaffen und mit dem Zusammenhange der Theile unter einander vertraut sein, wenn man mit Erfolg die innere Structur studiren will, um durch sie zu einer genauen Kenntniß des Ganzen und des Zusammenwirkens der Theile mit einander zu gelangen.

Für die gestaltlichen und physiologischen Verhältnisse ist hier die Entwicklungsgeschichte ganz besonders wichtig; denn sie lehrt uns wie die Zellen entstehen und wie sich aus ihnen, nach bestimmten Gesetzen, alle zusammengesetzten Organe der Pflanze bilden. Der Formenreichtum in der Pflanzenwelt läßt sich durch sie auf einfache Gesetze zurückführen, desgleichen erklären sich an ihrer Hand die wunderbarsten Anomalien. Die Entwicklungsgeschichte ist somit die Basis der Pflanzen-Anatomie und durch sie kann auch das Leben der Pflanze erst verstanden werden.

Die Pflanzenphysiologie darf aber keinesweges auf der Studierstube und hinter dem Mikroskop allein gepflegt werden, nein, sie will vorzugs-

weise in dem eigentlichen Bereich der Pflanze, im Walde und auf dem Felde studirt sein. Man muß die Gewächse zunächst in ihren normalen Verhältnissen aufsuchen und durch alle Lebensphasen verfolgen, sie dann in abnorme Verhältnisse bringen und den Einfluß der letzteren auf die Ausbildung des Ganzen, sowie der Theile zu erforschen sich bemühen. Wenn man darauf das Mikroskop, das Messer und die chemischen Reagentien mit zu Rathe zieht, so kann der Erfolg nicht ausbleiben. — Aber leider fehlt es zur Zeit noch sehr an solchen Untersuchungen und zwar besonders für die höheren Pflanzen. Nun hat aber ein jedes Gewächs innerhalb bestimmter Grenzen seine Eigenthümlichkeiten, so daß man für manche Erscheinungen nicht unbedingt von einer Pflanze auf die andere folgern darf, weshalb eine möglichst große Reihe genauer Untersuchungen erst über die allgemeinen Bildungsgesetze Aufschluß geben kann.

Die Elementarstoffe.

§. 3. Die Stoffe, aus denen die Pflanze sich aufbaut, bestehen zunächst aus Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff und zwar in ternären oder quaternären Verbindungen. Die sogenannten anorganischen Stoffe sind zwar ebenfalls mehr oder weniger zum Leben der Pflanze nothwendig, allein sie finden sich in ungleich geringerer Menge und sind, wenn sie in der Zellwand vorkommen, immer nur in selbige eingelagert, bilden aber niemals letztere für sich allein. Man hat zwischen stickstofffreien und stickstoffhaltigen Verbindungen zu unterscheiden, und kann als wesentliche, aus mehreren Elementen bestehende, Verbindungen folgende bezeichnen:

Der Pflanzenzellenstoff oder die Cellulose, aus C 12, H 20, O 10 zusammengesetzt, ist in concentrirter Schwefelsäure löslich, in Aetzkali dagegen unlöslich. Jodlösung bewirkt keine blaue Färbung, welche erst auf Zusatz von Schwefelsäure, durch Umwandlung des Zellstoffes in Stärke, erfolgt. Die Zellen der Pilze werden in der Regel durch Jod und Schwefelsäure nicht blau gefärbt. Kupferoxyd-Ammoniak bewirkt gleichfalls ein Aufquellen und eine Lösung des Zellstoffes vieler Pflanzen. Die Cellulose bildet die feste Wand aller jungen Pflanzenzellen, erscheint aber in verschiedenen Modificationen und geht mit der Ausbildung oder der Auflösung der Zelle mancherlei Veränderungen ein, so daß sich aus ihr sowohl die Intercellularsubstanz oder derjenige Stoff, welcher die Zellen mit einander verkittet, als auch der Holzstoff und der Korkstoff zu bilden scheinen. Andererseits geht dieselbe, bei den Flechten, in Stärke, und bei den schleimgebenden Zellen

in Pflanzenschleim über u. s. w. Im Wesentlichen ist der Pflanzen^{zell}stoff die Grundsubstanz aller Pflanzenmembranen.

Der Holzstoff, das Xylogen, verhält sich umgekehrt wie der Zellstoff; er wird von Schwefelsäure nur schwierig angegriffen, dagegen von Aetzkali leicht und vollständig gelöst und ebenso durch oxydirende Mittel (chlorsaures Kali und Salpetersäure) ausgezogen. Jod und Schwefelsäure bewirken keine blaue Färbung. Der Holzstoff erscheint in der primären Zellwand und in den Verdickungsschichten aller verholzten Zellen abgelagert und vermehrt deren Starrheit; er scheint aus dem Zellstoff entstanden zu sein, da seine Zunahme in der Zellwand mit der Abnahme der Cellulose im Verhältniß steht.

Der Korkstoff oder Cuticularstoff verhält sich gegen concentrirte Schwefelsäure und gegen Aetzkali wie der Holzstoff, unterscheidet sich dagegen von letzterem durch sein Verhalten zu oxydirenden Mitteln, welche ihn in eine harzartige Substanz verwandeln. Die Korksubstanz gehört ausschließlich dem Oberhautgewebe, sie erscheint in allen verkorkten Zellen und ist, gleich dem Holzstoff, wie es scheint, ein Umwandlungsproduct des Zellstoffes. Nach MIRSCHERLICH besteht dieselbe aus C 65,73. H 8,33. O 24,54. N 1,50.

Der Intercellularstoff, welcher die Zellen mit einander verkittet, ist als ein Umwandlungsproduct früherer, aus Zellstoff bestehender Membranen bald mehr dem Zellstoff und bald mehr dem Holzstoff und Korkstoff verwandt, weshalb sich keine bestimmte chemische Reactionen für denselben angeben lassen; jedoch ist derselbe von allen dreien verschieden, so daß man ihn beliebig entfernen, aber auch durch Auflösung der Zellwände isoliren kann. Die wahre Cuticula, ein feines Häutchen, welches die Oberhaut der meisten Pflanzen bekleidet, ist ihm sehr nahe verwandt.

Die Proteinverbindungen oder Eiweißstoffe, welche sowohl gelöst als auch halbflüssig und fest in dem Saft der Pflanzenzellen vorkommen, auch vielfach in ihre Wandung aufgenommen werden, sind in concentrirter Schwefelsäure unlöslich, dagegen in Aetzkali löslich. Jodlösung, sowie Salpetersäure und Ammoniak färben dieselben hochgelb, Zucker und Schwefelsäure bewirken eine rosenrothe und salpetersaures Quecksilberoxyd eine ziegelrothe Färbung. Beim Koehen mit Kali entwickelt sich Ammoniak, auch speichern dieselben in einem gewissen Zustande organische Farbstoffe begierig in sich auf. Das Protoplasma gehört zu diesen Eiweißstoffen. — Nach MULDER besteht das Protein aus C 40, N 10, H 62 und O 12.

Zahlreiche organische Verbindungen, zum Theil Uebergangsglieder der genannten Kohlenwasserstoff-Verbindungen, welche sowohl im

Inhalt als auch in der Wand der Zellen vorkommen, lassen sich nicht scharf charakterisiren, andere dagegen, welche zum Theil geformt in der Zelle auftreten, werden an ihrem Orte näher besprochen. — Der Uebergang des einen Stoffes in den anderen, durch den Vegetations-proceß der Zelle, erschwert die chemische Untersuchung, da man selten oder niemals mit reinen Stoffen arbeitet. — Das Agens der beständigen Umwandlung in der Thier- und Pflanzenzelle sind die stickstoffhaltigen Substanzen, indem selbige, für sich leicht zersetzlich, auch chemisch verändernd auf die sie umgebenden Stoffe wirken und so den chemisch-physikalischen Proceß im Innern der Zelle, den wir das Leben nennen, hervorrufen. Indem nun alle Zellen einer Pflanze mit einander in ganz bestimmter Weise in Verbindung stehen und gegenseitig auf einander wirken, so lebt durch die einzelnen lebendigen Zellen auch die ganze Pflanze. Unter Lebenskraft versteht man deshalb die Summe der chemisch-physikalischen Thätigkeiten der einzelnen ungleichwerthigen Zellen mit und gegen einander.

II. Die wesentlichen Theile der Pflanzenzelle.

Die Membran der Pflanzenzelle.

§. 4. Die Pflanzenzelle entsteht als kugeliges oder cylindrisches Säckchen, welches bei der Ausbildung seine Gestalt, sowie die Beschaffenheit seiner Wand und seines Inhaltes oft wesentlich verändert. — In der Zellmembran, welche die äußere feste und stickstofffreie Wand der fertigen Pflanzenzelle bildet, unterscheidet man die primäre Membran von den Verdickungsschichten. — Jede lebende Pflanzenzelle ist mit einem flüssigen Inhalt und einem Zellkern versehen. Wenn der Zellsaft schwindet, ist die Zelle an sich todt zu nennen.

Die primäre Membran oder die erste stickstofffreie Hülle der Pflanzenzelle erscheint, sobald sie sich durch das Mikroskop nachweisen läßt, als zartes, überall geschlossenes, den Inhalt umgrenzendes, Häutchen, das, wie es scheint, durch einen allseitigen Erhärtungs-proceß im ganzen Umkreis des Zellinhaltes entsteht. — Die jüngste Zellmembran läßt sich erst dann mit Sicherheit unterscheiden, wenn sich der Zellinhalt durch Einwirkung des Wassers oder verdünnter Säuren von ihr zurückzieht, während anfänglich die noch einer festen Membran entbehrende Zelle entweder im Wasser zerfließt, oder sich, wie später der Inhalt, einfach zusammenzieht. Da sich nun Zwischen-

zustände mit einer halb festen Membran, die noch nicht vom Inhalt trennbar ist, und andere mit fester Haut, die, nicht mehr contractil, noch mit dem Inhalt innig zusammenhängt, finden, so kann die primäre Zellmembran nicht das Secretionsproduct einer den Inhalt umgrenzenden stickstoffhaltigen Hülle, des Primordialschlauches, sein, weil dieser nicht zu allen Zeiten existirt, sie muß vielmehr als die erhärtete und chemisch veränderte äußere Schicht des Zellinhaltes selbst betrachtet werden. Wie die erste Membran bilden sich nun auch die folgenden Häute der Zelle, welche man Verdickungsschichten nennt, indem der Erhärtungsproceß im Umkreise des Zellinhaltes fort dauert und sich eine Verdickungsschicht über die andere niederschlägt. Die Pflanzenzelle verdickt sich somit von Außen nach Innen.

Ueber die Bildung der Zellmembran herrschen noch zwei Ansichten. v. MOHL, welcher die Primordialschlauch-Theorie aufstellte, vertheidigt dieselbe noch jetzt; PRINGSHEIM dagegen, welcher das Entstehen der Zellstoffwand aus der erhärteten und chemisch veränderten Hautschicht des Protoplasma, also aus dem Stickstoffschleim, welcher den Zellinhalt umgrenzt, erklärt, scheint mir das Rechte getroffen zu haben.

Die ganz junge primäre Zellmembran wird in der Regel durch Jod und Schwefelsäure nicht blau gefärbt, nimmt später aber meistens diese Färbung an und verhält sich dann wie Zellstoff. Sie ist glatt, ohne Löcher und verdünnte Stellen, erhält sich in allen geschlossenen Geweben, verschwindet dagegen bei den Pollenkörnern und den Sporen der höheren Kryptogamen. Wo sie verbleibt, unterscheidet sie sich später nicht selten durch ihr chemisches und optisches Verhalten von den Verdickungsschichten (bei den Holz- und Bastzellen).

Die Verdickung der Zellwand erfolgt durch eine etwas modificirte Bildung neuer Zellstoffschichten auf die Innenseite der bereits vorhandenen ersten Zellmembran, welche sich aber dadurch unterscheiden, daß selbige in der Regel nicht an allen Orten von gleicher Dicke sind, sondern verdünnte Stellen besitzen, auch an der einen Seite der Zelle oftmals stärker verdickt als an der anderen auftreten. Während die primäre Membran durch ihre gleichmäßige Beschaffenheit ausgezeichnet ist, sind die Verdickungsschichten durch ungleichmäßige Verdickung und Verdichtung charakterisirt. Sowohl die faserige Beschaffenheit gewisser Zellenarten (vieler Holz- und Bastzellen), welche zu der irrthümlichen Ansicht des Entstehens der Zellmembran aus Fasern Veranlassung gegeben, als auch die Spiralbänder und die Porencanäle¹⁾

¹⁾ Poren nennt man verdünnte Stellen von bestimmter Gestalt in den Verdickungsschichten der Wand zweier sich berührender Zellen (Siehe p. 8).

in der Zellwand, werden durch die Bildungsweise der secundären Schichten erklärt, deren regelmäßige und zierliche Formen in dem Bau der Außenhaut der Pollenkörner ihr höchstes Ziel erreichen, und deren Ursache man aus den Saftströmen im Innern der Zellen zu erklären versucht hat, aber bei den Pollenkörnern mit dieser Erklärung allein schwerlich ausreichen wird. — In vielen Fällen treffen die verdünnten Stellen der folgenden Schichten genau auf die Poren der ihnen vorangehenden Schichten; die Porencanäle werden alsdann mit der Dickenzunahme der Zellwand immer länger (tiefer), auch verbinden sich bisweilen bei fortdauernder Verdickung benachbarte Porencanäle mit einander, wodurch verzweigte Canäle entstehen (Fig. 1). Nicht selten ändert sich aber die Weise der Verdickung mit den Schichten, so daß die Poren nicht mehr auf einander fallen (bei den verholzten Zellen im Gefäßbündel von *Caryota*, den Holzzellen der *Hernandia Sonora*, den alten Bastzellen der *Cinchona lancifolia*) und die spiraligen Verdickungen verschiedener Schichten oft in entgegengesetzter Richtung laufen (bei den meisten Bastzellen), oder die äußeren und die inneren Schichten im Baue wesentlich verschieden sind (bei der Außenhaut vieler Pollenkörner, Fig. 2).

Fig. 1.

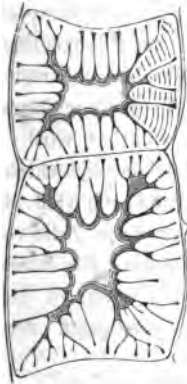


Fig. 2.

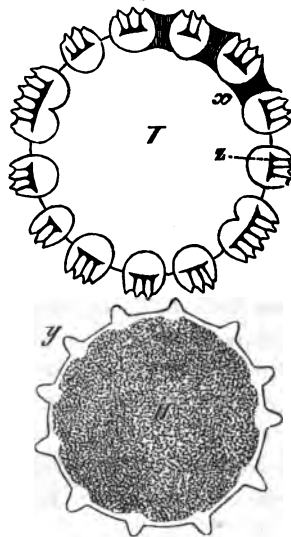


Fig. 1. Stark verdickte und verholzte Zellen aus der holzigen Fruchtschale von *Hakea suaveolens* mit sehr zierlichen, oftmals verzweigten Porencanälen (Vergrößerung 300 mal).

Fig. 2. Querschnitt durch ein Pollenkorn von *Mirabilis Jalapa*. T Die Außenhaut, x die Porencanäle für den Austritt des Pollenschlauches, z die Hohlräume

Schon die Bildung von Schichten deutet auf Unterbrechungen oder periodische Veränderungen im Verdickungsgange der Pflanzenzelle, da, wenn die Ablagerung des Zellstoffes auf die Innenseite der primären Zellwand stetig und immer in derselben Weise erfolgte, eine homogene Masse entstehen müßte, was aber nur gar selten (bei der Außenhaut der Pollenkörner) vorzukommen scheint. Die Veränderungen in den auf einander folgenden Verdickungsschichten deuten dagegen sicher auf eben so wesentliche Veränderungen im Leben der Zelle.



Fig. 3. Spiralige Verdickungsformen sind zwar in der Pflanzenzelle häufig (Fig. 3), allein die Spirale ist keinesweges die Grundform der Verdickung, die Bildung der Ringfasern und zahllose Unregelmäßigkeiten in dem Spiralband selbst, lassen sich nicht auf sie zurückführen; und in vielen sehr charakteristischen Zellenformen (dem Collenchym, dem verholzten Parenchym, dem hornartigen Endosperm (Fig. 4), den Oberhautzellen und den Korkgeweben) ist gar nichts von einer Spirale zu finden. Die spiral- und ringförmige Verdickung findet sich überhaupt vorzugsweise in denjenigen Pflanzentheilen, deren Zellen sich noch durch Verlängerung ausdehnen, so daß die Spiralbänder und Ringe bei der Verlängerung ihrer Zelle immer weiter von einander gertückt werden. (Die Spiral- und Ringgefäße in der Markscheide aller dicotyledonen Pflanzen und ebenso in den Gefäßbündeln der Monocotyledonen (Fig. 5) und Kryptogamen, welche zu einer Zeit entstanden sind, wo sich der Pflanzentheil noch verlängerte.) — Die Art und Beschaffenheit der benachbarten Zellen hat überdies einen großen Einfluß auf die Verdickungsformen der Zelle, wie dies bei den Gefäßzellen am besten sichtbar wird.

Poren, d. h. verdünnte Stellen in den Verdickungsschichten fehlen wohl keiner noch so schwach verdickten Zellwand; sie sind aber, da die primäre Zellwand immer den Porenkanal der einen Zelle von dem ihrer Nachbarzelle scheidet, niemals wirkliche Löcher. Die Porenkanäle der Nachbarzellen treffen immer auf einander und beweisen damit die Bedeutung der Poren für den diosmotischen Austausch der Säfte (Fig. 1 u. 4).

Von den Poren unterscheiden sich die Tüpfel durch das Vorkommen eines linsenförmigen, von einer Membran umkleideten, Raumes

mit ihren Ausführungsgängen in der äußeren Schicht der Außenhaut. 11 Der Inhalt des Pollenkornes mit seiner Hautschicht des Protoplasma als Begrenzung, y eine der kegelförmigen Erhebungen, welche unter jedem Porenkanal liegt (Vergrößerung 350 mal).

Fig. 3. Eine Zelle aus dem Gefäßbündel von *Mamillaria stellaris*. Das Spiralband ist plattenförmig ausgebildet und verholzt (Vergrößerung 200 mal).

zwischen den Porencanälen zweier Nachbarzellen. Dieser linsenförmige Raum entsteht frühzeitig (Fig. 6), wahrscheinlich durch Copulation

Fig. 4.

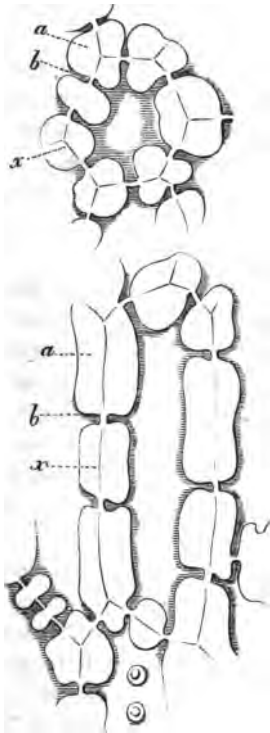


Fig. 5.

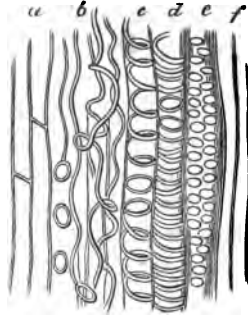


Fig. 6.

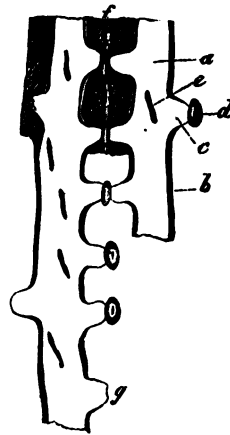


Fig. 4. Zellen aus dem Sameneiweiß der Dattel im Querschnitt und im Längsschnitt. *a* Die stark verdickten Partien der Zellwandung, *b* die Porencanäle, *x* die Trennungslinie der beiden sich berührenden Zellen (Vergrößerung 400 mal).

Fig. 5. Längsschnitt durch ein Gefäßbündel aus dem Centrum des Stengels von *Limodorum abortivum*. *a* Das innere Gewebe des Stengels, *b*, *c*, *d*, *e* Zellen des Gefäßbündels, welche sich im Alter folgen, *f* Cambiumzellen.

Fig. 6. Partie aus zwei neben einander liegenden und mit einander verbundenen Holzzellen von einem fossilen Leguminosenstamm. Der kohlensäure Kalk, in den dieses Holz übergegangen war, ist durch sehr verdünnte Salzsäure entfernt worden; man sieht die Tüpfelräume (*d*) und die Porencanäle (*c*), welche auf dieselbe verlaufen, von einer zarten Haut (*b*), der jüngsten Verdickungsschicht dieser Zellen, umkleidet; die älteren Verdickungsschichten (*f*) sind stark verändert, und werden durch Betupfen mit einem Pinsel leicht entfernt. Bei *e* sieht man einen Porencanal von oben, bei *g* erblickt man ihn von der Seite. Der Porencanal ist hier platt gedrückt, und daher spaltenförmig (Vergr. 300 mal).

zwischen der primären Membran beider Porencanäle; er ist ursprünglich wie die Zellen, denen er angehört, mit Flüssigkeit erfüllt, führt aber später, wenn die Zellen ihren Saft verlieren, gleichfalls Luft. Tüpfel hat man bis jetzt nur im Holztheil der Gefäßbündel gefunden.

Wirkliche Löcher in der Zellwand kennen wir nur in der Querwand der ausgebildeten, bereits luftführenden Gefäße; so lange das Gefäß noch Saft führt, besteht es dagegen aus einer Reihe, durch Querwände getrennter Zellen; mit der Resorption der Querwand verschwindet erst der Zellsaft. Ferner in den Zellen der Blätter von Sphagnum und Dicranum, wo sie erst allmählig durch Resorption entstehen, während hier der Zellsaft nicht verschwindet, desgleichen in der Außenhaut einiger Pollenkörner (Cichoraceae, Geraniaceae) und für das weibliche Organ einiger Algen.

Die Verdickungsschichten der Pflanzenzelle bestehen anfänglich, gleich der primären Wand, aus Zellstoff, später aber verholzen und verkorken sie vielfach, auch nehmen sie nicht selten mineralische Verbindungen, Kalk und häufiger Kieselsäure in ihre Masse auf und verändern dadurch ihr chemisches und physikalisches Verhalten. Den Holz- und Korkstoff kann man durch Aetzkali ausziehen, wo ein Skelet von Zellstoff zurückbleibt, die Kalkverbindungen können durch Säuren entfernt oder gleich der Kieselsäure durch Verbrennen als Kalk- oder Kieselskelet dargestellt werden.

Die innerste Verdickungsschicht der verholzten und verkorkten Zellen besteht fast durchweg aus reinem Zellstoff; die Verholzung und Verkorkung schreitet überhaupt, gleich der Bildung der Schichten, von Außen nach Innen, also mit dem Alter der Schichten fort, woraus die nicht verholzte oder verkorkte Beschaffenheit der innersten, jüngsten Schicht sich ganz von selbst ergibt. Außerdem kann die eine Wand einer Zelle verholzt oder verkorkt sein und die ihr gegenüber liegende, in der Regel schwächer verdickte, aus reinem Zellstoff bestehen (bei der Kernscheide in der Wurzel vieler Monocotyledonen, bei der Gefäßbündelscheide vieler Farnkräuter und bei vielen Oberhautzellen). Auch kann sich die Zellwand ganz oder theilweise später in Pflanzenschleim (bei dem schleimgebenden Samen), Stärke (im Fruchtlager der Flechten) u. s. w. auflösen. Das verschiedene Verhalten der Zellmembran zu den chemischen Reagentien resultirt überhaupt 1. aus einer geringen Verschiedenheit des Zellstoffs selbst, der in mancherlei Modificationen aufzutreten scheint und nur als ein bestimmter Hydratzustand die bekannte blaue Färbung mit Jod und Schwefelsäure liefert; 2. aus der Einlagerung entweder aus dem Zellstoff entstandener oder von der chemisch nicht veränderten Zellwand aufgenommener organi-

scher oder anorganischer Verbindungen, wodurch vielfach auch die physikalische Beschaffenheit der Zelle verändert wird. Die Starrheit der ursprünglich biegsamen Zelle ist Folge solcher Einlagerungen.

Bei *Caulerpa* und in der vorderen Aussackung des Embryosackes im Samen der *Pedicularis silvatica* ist das Innere der Zelle noch von Zellstoffbalken durchzogen, welche im Umkreis der Zelle entstanden sind und sich wie die Zellwand durch Auflagerung neuer Zellstoffschichten verdicken. Saftströme gehen bei *Pedicularis* diesem Zellstoffnetz voran.

Das Protoplasma.

§. 5. Das Protoplasma ist eine körnig-schleimige, stickstoffhaltige Flüssigkeit, die sich vorzugsweise im inneren Umkreis der Zellen und um den Zellkern sammelt, sich mit dem übrigen flüssigen Inhalt der Zellen nicht mischt und häufig in einer sichtbar strömenden Bewegung begriffen ist. Eine hautartige Umgrenzung des Protoplasma, die sich bei Anwendung chemischer Reagentien als Membran darstellt, wird Hautschicht desselben oder Primordialschlauch genannt. Das Protoplasma verschwindet mit dem Zellsaft, es findet sich darum nur in lebendigen, safterfüllten Zellen.

Fig. 7.



Die Bewegung des Protoplasma in der Zelle zeigt sich auf zweierlei Weise, nämlich: 1. als eine strömende Bewegung am inneren Umkreis der Zelle und zwar in einer bestimmten, an der einen Seite, meistens schief, aufsteigenden und an der anderen Seite abwärtssteigenden Bahn, innerhalb welcher der wandständige Zellkern liegt, ohne Bildung kleinerer, innerer Ströme (in den Zellen der *Nitella*, *Chara*, *Valisneria* und den Wurzelhaaren von *Hydrocharis*, desgleichen in vielen Haargebilden) (Fig. 7), oder 2. mit Bildung zahlreicher, oft wechselnder Ströme von verschiedener Stärke und unregelmäßiger Verzweigung, welche vom Protoplasma des Umkreises der Zelle zum Protoplasma, das den centralen Kern umgiebt, verlaufen (in den Zellen der *Spirogyra*, bei der Sporenbildung von *Anthoceros* (Fig. 8), am schönsten aber in den Staubfadenhaaren der *Tradescantia*).

Nur ganz frische Pflanzen zeigen überhaupt die Saftbewegung, welche an warmen klaren Tagen in der Regel lebhafter ist. Der elektrische Strom scheint auf selbige nicht ohne Einfluss zu

Fig. 7. Haar des jungen Fruchtknotens der Nachtkerze (*Oenothera muricata*). Die Pfeile zeigen die Richtung des Stromes (Vergrößerung 200mal).

sein. Erstarrte Saftströme sieht man sehr häufig als Fadennetze, in welchen der centrale Zellkern liegt (in den Zellen der reifen Schneebere).

Fig. 8.



Die Bewegung des Protoplasma kann nicht Folge der Endosmose sein; sie ist vielmehr eine Lebenserscheinung der Zelle, welche auf der Wechselwirkung der verschiedenen chemischen Stoffe im Inhalt derselben beruht. Der eigentliche Zellsaft verhält sich passiv, während das Protoplasma ihn strömend durchzieht und selbst in beständiger Veränderung begriffen, auch eine Umsetzung der im Zellsaft vorhandenen Stoffe herbeiführt; diese beständigen Veränderungen wirken aber zu Gunsten der Diösmose. Der Zellkern scheint bei der Saftströmung eine wesentliche Rolle zu spielen.

Wasser, Salzlösungen, Alkohol u. s. w. bewirken ein Gerinnen des Protoplasma, Jodlösung sowie Jod und Schwefelsäure färben dasselbe gelb, Zucker und Schwefelsäure bewirken, wenn es in größerer Menge vorhanden ist, eine rosenrothe Färbung. Die Vacuolen oder Scheinzellen sind mit Zellsaft erfüllte kugelige Räume vom Protoplasma umgeben (Fig. 8).

Während v. MOHL den Primordialschlauch als eine besondere stickstoffhaltige Membran der Zellen betrachtet (p. 6), an dessen Außenseite sich die primäre Zellmembran und ihre Verdickungsschichten als Secrete niederschlagen, halte ich mit PRINGSHEIM denselben für die erhärtete äußere Schicht, die Hautschicht des Protoplasma, welche, sich noch mehr verdichtend und chemisch verändernd, selbst zur ersten Cellulosemembran wird, während nach einander gebildete Hautschichten die Verdickungsschichten der Zellwand erzeugen. Den inneren Theil des im inneren Umkreis der Zellwand ergossenen Protoplasma, in welchem das Blattgrün und der wandständige Zellkern liegen, nennt PRINGSHEIM die Körnerschicht des Plasma. Wenn sich durch Weingeist, Zuckerwasser und Salzlösungen die Hautschicht als Membran sowohl von der aus Zellstoff bestehenden Zellwand als auch von der Körnerschicht des Plasma trennt, so stellt sie dasjenige Gebilde dar, welches v. MOHL den Primordialschlauch nennt. Allein nicht immer tritt dieser Fall ein; bei ganz jungen Zellen z. B., welche noch keine Cellulose-Haut besitzen, trennt sich die Körnerschicht häufig nicht von der Hautschicht, auch bei den Pollenkörnern hebt sie sich nicht als besondere Membran von dem körnigen Inhalt (Fig. 2. II. p. 7), zeigt

Fig. 8. Eine Sporenmutterzelle von *Anthoceros laevis*, mit Saftströmen von der Peripherie zum centralen Zellkern, welcher in der Theilung begriffen ist (Vergrößerung 300 mal).

hier vielmehr den Uebergang in die Zellstoffmembran sehr deutlich; ferner ist der Primordialschlauch häufig nur stellen- oder streifenweise vorhanden. Der Stickstoffgehalt des Primordialschlauches aber ist nirgends mit Sicherheit bewiesen; Jod und Schwefelsäure färben denselben gelb. Mit dem Zellsaft verschwindet auch der Primordialschlauch.

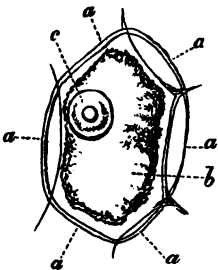
Das Protoplasma ist für das Leben der Zelle sehr wichtig; die chemische Thätigkeit zwischen der Körnerschicht und der Hautschicht ist wahrscheinlich die Ursache seiner Bewegung, desgleichen resultiren die Formen der Verdickungsschichten wahrscheinlich zum Theil aus der Art seiner Thätigkeit, welche für benachbarte Zellen durchaus verschieden ist und sich sogar in derselben Zelle ändern kann. Zur Bildung neuer Zellkerne und Zellen ist gleichfalls das Protoplasma thätig; auch das Entstehen des Stärkmehls und des Chlorophylls scheint von ihm auszugehen. Es wirkt wie das Ferment bei der Gährung, erregend und belebend; wenn es abnimmt, wird das Leben träger, wenn es mit dem Zellsaft schwindet, erfolgt der Tod der Zelle.

Der Zellkern.

§. 6. Der Zellkern (Cytoblast, Nucleus cellulae) ist ein rundes oder länglich rundes, in der Regel flaches, scharf umschriebenes Körperchen,

das meistens wasserhell mit einem feinkörnigen Inhalt versehen, entweder frei im Innern der Zelle oder seitlich in der Körnerschicht des Plasma liegt (Fig. 9). Im Innern dieses Zellkernes erscheinen in der Regel ein oder mehrere kleine, runde, durchsichtige, das Licht stark brechende Körper die Kernkörperchen (Nucleoli) der Cytoblasten. Der Zellkern fehlt keiner jungen Zelle, er verschwindet aber mit dem Zellsaft (in den Gefäß- und Holzzellen).

Fig. 9.



Der Zellkern bildet sich auf zweierlei Weise 1. selbstständig und 2. durch Theilung eines vorhandenen Cytoblasten. Bei der selbstständigen Bildung scheint er aus dem Protoplasma hervorzugehen und zwar zeigt sich zuerst das Kernkörperchen, um welches bald darauf ein Hof entsteht. Nach der Zahl der Kernkörperchen sind die neu entstandenen Zellkerne in der Regel größer oder kleiner. Ich ver-

Fig. 9. Eine Zelle aus der Wurzel von *Himantoglossum hircinum* mit den Wänden benachbarter Zellen. *a* Die Zellwand, *b* der Primordialschlauch, *c* der Zellkern (Vergrößerung 200mal).

muthe, daß der Zellkern durch Bildung einer verdichteten, membranartigen Schicht des Protoplasma, um das wahrscheinlich vorher auf gleiche Weise entstandene Kernkörperchen entsteht, daß er somit eine Membran und einen Inhalt besitzt; ich glaube ferner, daß er durch Ausdehnung seiner Membran an GröÙe zunimmt. Die Bildung freier Zellkerne verfolgt man am besten im Embryosack derjenigen Pflanzen, welche die ersten Mutterzellen des Sameneiweißes durch freie Zellenbildung erzeugen (Coniferae, Cucurbitaceae, Onagrarieae). Bei der Vermehrung der Zellkerne durch Theilung gewahrt man zuerst eine Verlängerung des ursprünglich runden Cytoblasten; statt eines Kernkörperchens erscheinen darauf zwei, dann erfolgt auf halber Länge eine Einschnürung, die immer weiter vordringt, bis zuletzt aus einem Mutterzellkern zwei unter sich gleiche Tochterzellkerne geworden sind, deren jeder sein Kernkörperchen hat (Fig. 8. p. 12). Wenn bei der Theilung mehr als zwei Kernkörperchen gebildet werden (nicht selten 4), so theilt sich der Mutterzellkern gleichfalls in eben so viele Tochterkerne. — Bei der Theilung der Zellkerne schienen die Protoplasmaströme sehr thätig zu sein; durch sie werden später auch die jungen Kerne von einander getückt und in ihre spätere Stellung gewiesen (§. 10). Die Theilung in zwei Tochterkerne ist die häufigere; man sieht sie bei der Pollen- und Sporenbildung, desgleichen bei der Theilung der Zellen des parenchymatischen Gewebes.

Jodlösung, sowie Jod und Schwefelsäure, auch Chlorzink-Jodlösung bewirken eine gelbe Färbung des Zellkernes und Zucker und Schwefelsäure veranlassen bisweilen eine hell rosenrothe Färbung, auch speichert der Cytoblast, wenn er durch Kochen oder durch Jod oder Alcohol getödtet ist, gleich dem Protoplasma, begierig Pflanzenfarbstoffe auf. Ich halte ihn deshalb für stickstoffhaltig, auch ist er wie das Protoplasma für den Lebensproceß der Zelle jedenfalls sehr wesentlich.

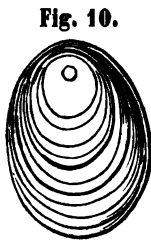
Der Zellsaft und die in ihm enthaltenen Stoffe.

§. 7. Der Zellsaft besteht aus einer wässerigen Lösung sehr verschiedener, theils organischer, theils anorganischer, Stoffe, die nach den Pflanzen, aber auch bei derselben Pflanze nach dem Werth der Zelle, sowohl der Qualität als Quantität nach verschieden sind. Der Zellsaft ist in jüngeren Zellen durch vertheiltes Protoplasma getrübt, in älteren ausgewachsenen Zellen, deren Protoplasma größtentheils verbraucht ist, dagegen wasserhell und farblos oder durch lösliche Farbstoffe mehr oder weniger gefärbt. Er ist für das Leben der Pflanze Bedingung, doch giebt es Gewächse, welche, gleich den Infusorien

und Räderthieren, ein längeres Austrocknen bei gewöhnlicher Temperatur vertragen und bei Zutritt von Wasser später wieder aufleben (einige Algen und Flechten, desgleichen Sphagnum).

Die wesentlichen, in der Pflanzenzelle vorkommenden, festen oder flüssigen, Stoffe sind folgende:

a) Stärkmehl (Amylum) ($C^{12}H^{20}O^{10}$), ein in den zur Ernährung der Pflanze dienenden Zellen sehr verbreiteter Stoff, der sich aber vielfach nicht zu allen Zeiten findet, sondern als Reservestoff abgelagert wird. Die meisten Pilze haben zu keiner Zeit und in keinem Theile Stärkmehl, unter den höheren Pflanzen führt *Monotropa Hypopitys* gleichfalls, wie es scheint, niemals Stärke. Dieselbe erscheint selten gelöst (im unreifen Samen von *Peganum Harmala*, in der Epi-



dermis von *Ornithogalum*) oder formlos, dagegen in der Regel in Gestalt kugeliger, länglich runder (Fig. 10), linsenförmiger oder stab- und knochenförmiger Körper, welche aus Schichten bestehen und einen oder mehrere Schichtungscentra (Kerne) besitzen. Das Stärkmehlkorn selbst besteht nun aus Zellstoff und Stärke (Granulose nach NÄGELI), die letztere läßt sich durch Speichel bei längerer gleichmäßiger Erwärmung ($40 - 50^{\circ}$ Cels.) ausziehen, so daß ein vollständiges, gleichfalls aus Schichten bestehendes, Zellstoffskelet des vormaligen Stärkmehlkornes zurückbleibt. Jodlösung färbt das Stärkmehl blau, doch richtet sich der Grad der Färbung nach der Menge des aufgenommenen Jods. Kochendes Wasser, Säuren und ätzende Alkalien bewirken ein Aufquellen und zuletzt eine Lösung der Stärkmehlkörner, Jodstärke dagegen wird von ihnen nicht angegriffen. Die Größe der Körner unter sich ist sehr verschieden. Die Gestalt derselben und die Lage des Kernes als Schichtungscentrum richtet sich dagegen nach den Pflanzen. Die runden oder länglichen Stärkmehlkörner zeigen unter dem Polarisationsmikroskop ein schwarzes Kreuz. Ueber die Entstehung des Stärkmehlkornes sind die Ansichten noch verschieden; nach NÄGELI bildet sich aus einer weichen Masse zuerst der Kern, um welchen darauf von Außen nach Innen, und zwar durch Spaltung, die Schichten entstehen. In der Zuckerrübe habe ich die Rückbildung des Zuckers in Stärkmehl beobachtet. — Die Corpora amylacea im Gehirne des Menschen verhalten sich den Stärkmehlkörnern ähnlich.

b) Das Inulin, welches bei einigen Pflanzen das Stärkmehl vertritt, erscheint vorzugsweise in den Wurzeln (*Dahlia*, *Cichorium*), seine

Fig. 10. Ein Stärkmehlkorn der Kartoffelknolle (Vergrößerung 500 mal).

Körner werden im Wasser erst durch Jodzusatz mit gelber Färbung sichtbar; es hat dieselbe Zusammensetzung wie das Stärkmehl ($C^{12} H^{20} O^{10}$) und scheint auch aus demselben entstehen zu können. Aus dem Saft der Dahliaknolle scheidet es sich erst nach mehrtägigem Stehen in Körnerform ab.

c) Das Gummi und das Dextrin, von derselben Zusammensetzung wie das Stärkmehl und das Inulin, sind beide in Wasser löslich und werden durch Alkohol gefällt. Das Gummi aber wird durch Diastase oder durch Schwefelsäure nicht wie das Dextrin, in Zucker verwandelt, auch lenkt das letztere die Polarisationssebene sehr stark nach rechts. Beide finden sich häufig gelöst im Zellsaft und scheinen zum Theil durch Umwandlung der älteren Zellwand zu entstehen.

d) Die Pectose, das Pectin und die zu ihnen gehörigen Verbindungen, in der Zellwand der Pflanzen (im Collenchym, im Gewebe der Runkelrübe u. s. w.) häufig vorkommend, gehören zu den ihrer Zusammensetzung nach wenig bekannten Kohlenwasserstoff-Verbindungen.

e) Die Pflanzengallerte ($C^{12} H^{10} O^{10}$) in den schleimgebenden Geweben, namentlich vieler Samen, ist ein Umwandlungsproduct der Zellwand. In Wasser aufquellend, aber unlöslich, entsteht aus ihr, mit verdünnter Schwefelsäure gekocht, Zucker, und mit verdünnter Salpetersäure, Kleesäure.

f) Der Zucker (Rohrzucker $C^{12} H^{18} O^9 + 2 H^2 O$, Traubenzucker $C^{12} H^{24} O^{12} + 2 H^2 O$) ist theils als Umwandlungsproduct der vorher genannten Kohlenwasserstoff-Verbindungen, theils aber auch als ursprüngliche Bildung (Zuckerrohr und Zuckerrübe) gelöst in den Pflanzensäften sehr verbreitet. Der Rohrzucker, Traubenzucker und Milchezucker, welcher jedoch nur im Thierreich vorzukommen scheint, lenken die Polarisationssebene nach rechts, der Fruchtzucker oder Schleimzucker dagegen (im flüssigen Theile des Honigs, auch als Umsetzungsproduct der anderen Zuckerarten) lenkt dieselbe nach links. Der Rohrzucker wird bei der weingeistigen Gährung oder durch verdünnte Säuren zuerst in Traubenzucker verwandelt.

g) Fette Oele erscheinen im Zellsaft suspendirt als größere oder kleinere Tropfen (in größerer Menge in vielen Samen, auch in dem Fruchtfleisch einiger Früchte, Olea, Laurus), sie scheinen für gewisse Pflanzen das Stärkmehl zu ersetzen und bestehen aus einer Fettsäure (Elain, Stearin) und einer Fettbasis (Glycerin).

h) Aetherische Oele sind entweder im Zellsaft gelöst oder in Tropfenform suspendirt, erscheinen auch häufig in besonderen Oelbehältern (Citrus). Sie sind in Alkohol und Aether löslich und verwandeln sich durch Sauerstoffaufnahme in Harze.

i) Harz und Wachs, in den Zellen gewisser Pflanzen, noch häufiger als Secrete in den Harzgängen, oder von der Oberhaut ausgeschwitz, stehen den ätherischen Oelen nahe, aus Zucker wird im Leibe der Bienen Wachs gebildet. Die meisten Harze sind in Alkohol, Aether und in ätherischen Oelen löslich. Aus der Korksubstanz entsteht durch Kochen mit chlorsaurem Kali und Salpetersäure eine wachsartige Verbindung. Harz und Wachs schmelzen beim Erwärmen.

k) Der Kaoutschouk findet sich nur in den Milchsafte führenden Bastzellen bestimmter Pflanzen im Zellsafte suspendirt, er widersteht allen bekannten Auflösungsmitteln, quillt aber in Aether und dem aus Kaoutschouk gewonnenen brenzlichen Oele sehr bedeutend auf. Seine Zusammensetzung ist noch unbekannt.

l) Der Gerbstoff erscheint sowohl als Oxydationsproduct der Zellwand, aber auch gelöst im Saft der lebenden Zelle und bildet sich, wie es scheint, unter Umständen aus dem Stärkmehl. Die Gerbsäure besteht aus Gallussäure und Zucker (nach STRECKER).

m) Das Klebermehl (Aleuron) eine Verbindung mit 9—10 Proc. Stickstoff, findet sich in Körnerform, für sich oder von Oel oder Stärkmehl begleitet im Samen vieler Pflanzen. Es ist in Wasser, Säuren und Alkalien löslich und wird durch Jod gelb gefärbt. Die Körner des Klebermehls enthalten oftmals krystallinische Einschlüsse organischer Natur, desgleichen finden sich im Zellkern der Lathraea krystallisirte organische Verbindungen.

n) Das Blattgrün (Chlorophyll) ebenfalls eine Stickstoffverbindung ($C^{18} H^{18} N^2 O^8$) findet sich formlos oder in Körnerform, vorzugsweise in den dem Lichte ausgesetzten Pflanzenzellen. Die Körner bestehen aus einer Grundmasse von Stärkmehl oder einer dem Protoplasma ähnlichen Substanz und lassen sich durch Alkohol entfärben. Das Blattgrün geht unter Umständen in einen gelben (Xanthophyll) und braunen (Erythrophyll) Farbstoff über. — Die übrigen Farbstoffe, größtentheils noch wenig bekannt, finden sich gelöst oder vertheilt im Zellsafte; der rothe Zellsaft deutet auf eine freie Säure, der blaue Saft dagegen auf die Gegenwart eines freien Alkalis. Die Bitterstoffe der Pflanze sind ebenso wenig näher bekannt.

o) Die Alkaloide, von denen die Mehrzahl krystallisirbar, sind, wie es scheint, zunächst Erzeugnisse der Bastzellen und zum Theil furchtbare Gifte (Strychnin, Veratrin, Morphin), sie gehören zu den Stickstoffverbindungen der Pflanze.

p) Krystalle aus einer anorganischen Basis, am häufigsten Kalk, mit einer organischen (Kleesäure, Apfelsäure, Citronsäure u. s. w.) oder mit einer mineralischen (Schwefelsäure, Phosphorsäure) Säure.

bestehend, sind in den Pflanzengeweben und namentlich im Parenchym der Rinde und in den Markstrahlzellen der Gefäßbündel sehr verbreitet, kohlensaurer Kalk erscheint viel seltener. Gelöste Alkalisalze sind im Zellsaft sehr gewöhnlich. In der Asche der Pflanzen finden sich diese Salze wieder, doch sind die organischen Säuren beim Verbrennen zerstört und in Kohlensäure verwandelt worden; die Asche enthält deshalb immer kohlensaure Salze. Unter den Metallen ist Eisen und Mangan in den Pflanzenaschen sehr gewöhnlich, auch hat die Kieselsäure eine große Verbreitung. Die unlösliche Thonerde dagegen möchte kaum von der Zellwand aufgenommen werden.

III. Das Entstehen der Pflanzenzelle.

§. 8. Die Bildung einer neuen Pflanzenzelle erfolgt jederzeit im Innern einer bereits vorhandenen, aber niemals zwischen bereits vorhandenen Zellen. Diejenige Zelle, in welcher sich junge Zellen bilden, wird Mutterzelle genannt, als Gegensatz zu den in ihr entstehenden Tochterzellen. — Wenn nur ein Theil des Inhaltes der Mutterzelle zur Bildung von Tochterzellen verbraucht wird, so spricht man von einer freien Zellenbildung, wenn dagegen der ganze Inhalt der Mutterzelle in so viele Theile zerfällt als Tochterzellen in ihr entstehen, so redet man von einer Zellenbildung durch Theilung. In beiden Fällen bildet sich der Zellkern früher als die junge Zelle, die ihn später umschließt. Bei der freien Zellenbildung dauert die Mutterzelle als solche fort, bei der Zellentheilung dagegen geht sie unter und ihre Zellstoffwand wird früher oder später aufgelöst.

Die freie Zellenbildung.

§. 9. Durch freie Zellenbildung entstehen die Urmutterzellen des Sameneiweißes vieler Pflanzen (Onagraceae, Cucurbitaceae, Coniferae), ferner die Sporen der Pilze und Flechten (Fig. 11), desgleichen die Schwärmsporen einiger Algen (Ulothrix). Im Embryosack sieht man zuerst die Kernkörperchen der Zellkerne, darauf fertige Cytoblasten und bald darauf um letztere ein zartes, mit Flüssigkeit erfülltes Bläschen, die junge Zelle, die an Größe zunimmt und sich allmählig mit einer festen Membran bekleidet, von welcher sich durch Salzlösungen der Inhalt zurückzieht. In ähnlicher Weise erfolgt auch die Sporenbildung der Flechten in den Sporenschläuchen, und ist diese Art der Zellenbildung dadurch ausgezeichnet, daß dieselbe Mutterzelle oft gleichzeitig verschie-

dene Stadien der Tochterzellen umschließt. Die Bildung der Schwärmsporen von *Ulothrix* vermittelt gewissermaßen den Uebergang von der freien Zellenbildung zur Zellentheilung, indem hier der ganze Inhalt bis auf eine centrale, mit klarem Saft erfüllte Blase, welche ich für den veränderten Zellkern halte, zur Bildung zahlreicher Tochterzellen verbraucht wird. Die freie Zellenbildung hat nur eine verhältnißmäßig geringe Verbreitung.

Die Zellenbildung durch Theilung.

§. 10. Durch Theilung des Inhalts der Mutterzelle entstehen die Zellen des eigentlichen Sameneiweißes aller Pflanzen, desgleichen die Urzellen desselben bei gewissen Familien (*Personatae*, *Labiatae*, *Loranthaceae* u. s. w.), ferner die Sporen der höheren Kryptogamen und die Pollenkörner der Phanerogamen, desgleichen die Zellen der Keimanlage beider Pflanzengruppen, sowie sämtliche Zellen der geschlossenen Gewebe. Am besten verfolgt man den Vorgang der Theilung bei den Fadenalgen (*Spirogyra*, *Oedogonium*) oder bei der Bildung der Vierlingsfrüchte von *Corallina*.

Der cylindrische Sporenschlauch der *Corallina officinalis* (Fig. 12), welcher aus zwei Membranen besteht, zeigt zuerst einen körnigen

Fig. 11.

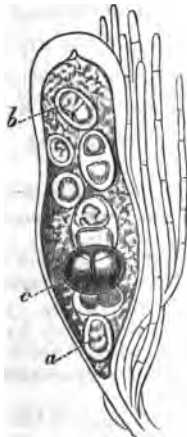


Fig. 12.

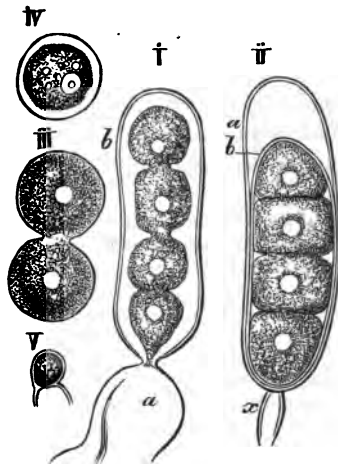
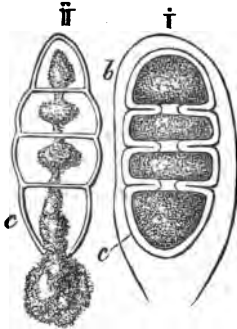


Fig. 11. Der Sporenschlauch einer Flechte (*Borreria ciliaris*) von Saftfäden umgeben; *a*, *b* u. *c* Sporen in verschiedener Entwicklung im Innern des Sporenschlauches (400 mal vergrößert).

Fig. 12. *Corallina officinalis*. 1 Ein Sporenschlauch, dessen äußere Membran (*a*) zurückgeschlagen ist; der körnige Inhalt der zweiten Membran (*b*) hat

Inhalt und in der Mitte desselben einen Zellkern, dann findet man zwei und darauf vier Zellkerne, die allmählig von einander rücken und bald so in einer Reihe liegen, daß die Entfernung eines jeden von seinem Nachbarkerne gleich ist. Wenn dies geschehen, so zieht sich zwischen jedem Zellkern der körnige Inhalt von der Wandung des inneren Sporenschlauches, gewissermaßen eine Falte bildend, zusammen, welche scharf umgrenzt ist, aber keine isolirbare Membran besitzt (I). Indem die Kreisfalte weiter einwärts dringt, schnürt sich allmählig der Inhalt in 4 unter sich gleiche Portionen ab, deren jede einen centralen Zellkern besitzt (II). Die vier nunmehr entstandenen Tochterzellen haben keine isolirbare Membran, diese entsteht aber später (IV) und zwar, wie ich vermuthete (e), erst nach geschehener Befruchtung (?).

Fig. 13.



Bei der *Corallina* haben wir demnach eine Zellenbildung durch Theilung ohne gleichzeitige Bildung einer Zellstoffmembran. Bei der zu den Corallinen gehörigen *Melobesia* (Fig. 13) entsteht dagegen gleichzeitig mit der Einschnürung des Inhaltes eine feste Zellstoffmembran um denselben, so daß wir durch sie das schönste Beispiel für das Entstehen der Scheidewand bei der Zelltheilung erhalten.

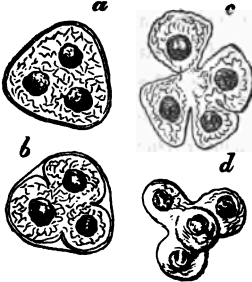
Die Schwärmsporen und die Befruchtungskugeln der Algen sind junge Zellen ohne Zellstoffmembran, nur von der Hautschicht des Plasma begrenzt; die Zellstoffmembran bildet sich bei den ersteren erst bei der Keimung und bei den letzteren erst nach stattgefundener Befruchtung. Auch

sich der Länge nach in vier noch unter sich zusammenhängende Partien abgeschnürt, deren jede einen centralen Zellkern besitzt. II Ein Sporenschlauch, noch von seiner äußeren Membran (a) umhüllt, mit seiner Stielzelle (x). Die Abschürung der Sporen ist hier vollendet. III Zwei aus dem Porenschlauch herausgetretene Sporen, welche noch mit einander verbunden sind; ein verhältnißmäßig seltener Fall, da selbige meistens vollständig getrennt hervortreten. IV Eine Spore, die erst nach der Abschnürung eine Membran, von der sich der Inhalt zurückzieht, erhalten hat. V Kleine Zellen, welche sich zwischen den ausgebildeten Sporenschläuchen und zwar wie diese, am Grunde der Fruchthöhle festsetzend, finden. (Vergrößerung 200 mal.)

Fig. 13. Sporenschläuche einer wahrscheinlich zur Gattung *Melobesia* gehörigen Algenart. I Ein Sporenschlauch, mit seinem in halbvollbrachter Theilung befindlichen körnigen Inhalt, der, soweit die Abschnürung gediehen ist, von einer breiten, durchsichtigen, farblosen Membran umgrenzt ist, b die innere Membran des Sporenschlauches. II Der in der Theilung begriffene Inhalt eines anderen Sporenschlauches, aus welchem durch endosmotische Einwirkung des Wassers der körnige innere Theil, noch in der Mitte zusammenhängend, herausströmt. (Vergrößerung 400 mal.)

die Protoplastmakugel oder Befruchtungskugel der Phanerogamen gehört zu den membranlosen Zellen, indem sie erst durch die Befruchtung eine feste Membran erhält. In den geschlossenen Geweben, desgleichen bei der Bildung der Sporen der höheren Kryptogamen und der Pollenkörner entsteht dagegen gleichzeitig mit der Einschnürung des Inhaltes um denselben eine Zellstoffmembran. — In den Algenfäden und in den geschlossenen Geweben erfolgt die Theilung der

Fig. 14.



Mutterzelle ganz allgemein nur in zwei Hälften, bei der Sporen- und Pollenbildung theilt sich dagegen der Inhalt der kugeligen Mutterzelle ganz allgemein in vier unter sich gleiche Theile, welche hier aber nicht, wie bei *Corallina* und *Melobesia*, in einer Reihe liegen und deshalb kein so günstiges Object für die Beobachtung geben (Fig. 14); seltener (bei *Allium*) theilt sich der Inhalt der Pollenmutterzelle zuerst in zwei Tochterzellen, die

ihrerseits wieder in zwei Theile zerfallen. Während in allen übrigen Fällen die zuerst entstandene feste Membran der Tochterzellen als primäre Membran, auf deren Innenseite sich die Verdickungsschichten niederschlagen, verbleibt, wird selbige bei der Bildung der Sporen der Laub- und Lebermoose und wahrscheinlich aller höheren Kryptogamen, desgleichen bei der Pollenbildung wieder aufgelöst. Der fertigen Spore und dem fertigen Pollenkorn fehlt deshalb die primäre Zellmembran und die äußeren Verdickungsschichten derselben werden zur äußeren Sporen- oder Pollenhaut; die bei der Ausbildung dieser Zellen sich auflösende primäre Membran ist NÄGELI's Specialmutterzelle.

In der Regel geht die Wand der Mutterzelle, in welcher durch Theilung Tochterzellen entstanden sind, noch vor der vollständigen Ausbildung der letzteren unter, indem sie für die geschlossenen Gewebe das Bindemittel der Zellen, die Intercellularsubstanz, abgibt, oder bei den Pollenkörnern sich in eine blartige Substanz verwandelt, oder endlich bei einigen Fadenalgen (*Ulothrix*) als Hüllhaut verbleibt. — Von der Gestalt der Mutterzelle und von der Theilungsrichtung in derselben ist auch die Form der Tochterzellen abhängig. Bei der Längstheilung einer langgestreckten Mutterzelle ist jede der beiden Tochterzellen so lang wie das Lumen der Mutterzelle, aber nur halb so breit

Fig. 14. Mutterzellen des Sporen von *Blasia pusilla*. *a* Vor der Theilung des Zelleninhaltes, *b* im Beginn der Theilung, *c* und *d* weiter vorgeschrittene Zustände der Theilung; die erweichte Membran der Mutterzelle hat sich unter blauer Färbung in Chlorzink-Jodlösung aufgelöst. (Vergrößerung 400 mal.)

als dasselbe (bei der Bildung der Holzzellen in einer langgestreckten Cambiumzelle), bei der Quertheilung dagegen ist sie nur halb so lang, aber ebenso breit als das Lumen der Mutterzelle; demnach übt die Theilungsrichtung auf die ursprüngliche Gestalt der Tochterzellen einen sehr wesentlichen Einfluß. Bei der freien Zellenbildung dagegen ist die junge Zelle immer kugelig; wird selbige darauf zur Mutterzelle, so bilden ihre beiden ersten Tochterzellen ursprünglich jede eine Halbkugel, wie dies der Theilungsproceß freier kugelliger Zellen am deutlichsten zeigt, werden aber, wenn sich die Mutterzelle auflöst, ihrerseits kugelig. Nach der Theilungsrichtung und nach der gleichmäßigen oder ungleichmäßigen Art, wie sich die Theilung in den nach einander entstandenen Zellgenerationen wiederholt, desgleichen nach der endlichen Ausbildung der sich nicht weiter theilenden Zellen richten sich zunächst alle Gestalten des Pflanzenkörpers. Durch fortdauernde Theilung nach einer gegebenen Richtung des Raumes entstehen fadenförmige Gebilde (die Algenfäden), durch Theilung nach zwei Richtungen bilden sich aus einer Zellschicht bestehende Flächen (die Blätter der Lebermoose), und durch Theilung nach allen drei Richtungen des Raumes entstehen die übrigen Gestalten, deren Formenreichthum zunächst auf der in bestimmter Weise fortdauernden Zellenentstehung und Ausbildung beruht.

IV. Das Wachsthum und die Ernährung der Zellmembran.

§. 11. Die ursprüngliche Gestalt der jungen Pflanzenzelle wird durch die Weise ihrer Ernährung vielfach verändert, denn mit dem Inhalt wächst natürlich auch die Zellmembran. — Wenn sich die Zelle nach allen Richtungen gleichmäßig ausdehnt, so gewinnt dieselbe an Größe ohne ihre ursprüngliche Gestalt zu verändern, wächst sie dagegen nach einer Richtung mehr als nach der anderen, oder dehnen sich gewisse Stellen ihres Umkreises überwiegend aus, so ändert sich mit dem Größerwerden auch ihre ursprüngliche Gestalt und es entstehen nach der Weise, in welcher sich die Zellmembran ausdehnt, die verschiedenartigsten Formen. Das Wachsthum der Pflanzenzelle wird aber oftmals durch benachbarte Zellen in seiner Freiheit beschränkt, die Form der einen Zelle muß sich alsdann der anderen mehr oder weniger unterordnen, wie dies in allen geschlossenen Ge-

weben, deren Zellen sich dicht berühren, der Fall ist, und sich bei den 4 in einer Mutterzelle entstandenen Sporen vieler Farnkräuter und Lebermoose (*Pteris*, *Anthoceros*), welche 3 gerade mit einander eine stumpfe Pyramide bildende Seiten, die Berührungsflächen der 4 Sporen, und eine sphärische Fläche, die Berührungsfläche der Mutterzellwand, besitzen. Das Größerwerden der Zellen im Umkreis beruht, nach meinem Dafürhalten, auf einer Ausdehnung der vorhandenen Zellwand, wofür die Erscheinungen der Dehnbarkeit der Zellen der Spiral- und Ringgefäße in den jugendlichen, sich noch verlängernden, Pflanzentheilen, desgleichen die Dehnbarkeit der Hüllhaut der Fadenalgen u. s. w. sprechen; nach der Annahme anderer Forscher dagegen durch Intussusception. Das Dickerwerden der Wand dagegen erfolgt durch fortdauernde Bildung neuerer Zellstoffschichten auf die Innenseite der bereits vorhandenen. Die innerste Verdickungsschicht ist deshalb immer die jüngste.

Man kann drei Haupttypen des Zellenwachstums unterscheiden: 1. eine allseitige und an allen Stellen des Umkreises gleichmäßige Ernährung, wobei sich die Zelle vergrößert ohne ihre ursprüngliche Gestalt zu ändern; ein verhältnißmäßig seltener Fall (bei den Mutterzellen der meisten Sporen und Pollenkörner und annähernd im Merenchym oder demjenigen parenchymatischen Gewebe, das aus Zellen besteht, die nach den 3 Richtungen des Raumes gleichen Durchmesser besitzen und nur sehr lose nebeneinander liegen, so daß die Nachbarzellen sich gegenseitig nur wenig in ihrer räumlichen Ausdehnung behindern). Sobald aber der Druck der Nachbarzellen auf einander zunimmt, so bildet sich dasjenige Gewebe, welches wir als regelmäßiges Parenchym bezeichnen und dessen Zellen bei gleichem Durchmesser nach den 3 Dimensionen des Raumes eine Gestalt besitzen, welche von der Zahl der sich berührenden Zellen abhängig ist, deren Grundform aber, wie beim Merenchym, als Kugel erscheint. 2. Eine nicht an allen Stellen des Umkreises gleichmäßige Ernährung, wodurch je nach der regelmäßigen oder unregelmäßigen Stellung der sich überwiegend ausdehnenden Stellen des Umkreises regelmäßige oder unregelmäßige Gestalten entstehen (die sternförmigen Zellen des sternförmigen Gewebes [Fig. 15], die tafelförmigen Oberhautzellen mit Vorsprüngen und das Periderma der Kiefer [Fig. 16]). 3. Eine überwiegende Ernährung nach einer Richtung, wodurch der Länge oder Breite nach gestreckte Zellen entstehen und wie bei 2 die ursprüngliche Gestalt der Zelle verloren geht (der Pollenschlauch, das langgestreckte Parenchym, die Holzzellen und viele Bastzellen). Durch das Zusammenfallen der unter 2 und 3 beschriebenen Wachstums-

weisen entstehen die unregelmäßigen Gestalten des verzweigten Pollenschlauches und der verzweigten Zellen in der Rinde der Tanne (Fig. 17) und des Mangrovebaumes u. s. w. Die *Caulerpa*-Arten, Algen aus einer einzigen Zelle bestehend, welche unter der Form eines beblätterten und bewurzelten Stammes auftreten, zeigen die ausgeprägteste Weise dieses Zellenwachstums (Fig. 18).

Fig. 15.

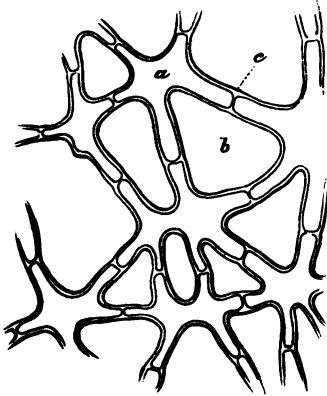


Fig. 16.

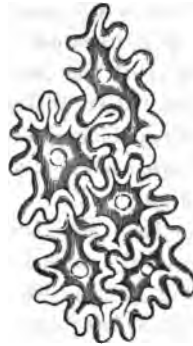


Fig. 18.

Fig. 17.

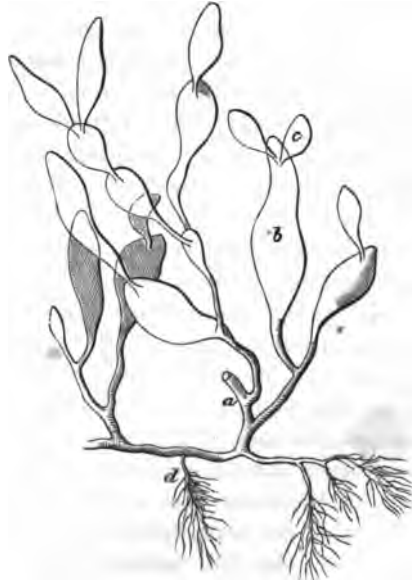
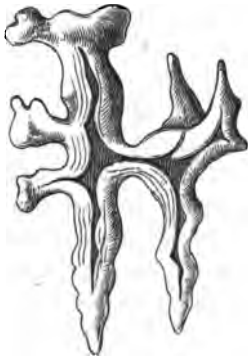


Fig. 15. Sternförmige Zellen aus dem Mark der Binse (*Juncus conglomeratus*) im Querschnitt. *a* Der Hohlraum einer Zelle, *b* der weite In-

Wie durch eine ungleiche Ausdehnung der Zellwand in ihrem Umkreis die verschiedenen Formen der Pflanzenzellen entstehen, so bilden sich durch eine ungleichmäßige Verdickung der Wand die mannigfachen Formen in den Verdickungsschichten, wofür die traubenförmigen Körper im Blatte vieler Feigenarten und die donnerkeilförmigen ihnen analogen Bildungen im Gewebe einiger Acanthaceen das schlagendste Beispiel liefern, indem hier durch eine auf einen sehr kleinen Raum beschränkte Zellstoffabscheidung zuerst der Stiel entsteht, an dessen Spitze sich durch fortdauernde Bildung neuer Zellstoffschichten, verbunden mit einer Einlagerung kohlensauren Kalkes, der Traubenkörper bildet, dessen äußerste Schichten die jüngsten sind (Fig. 19). Eine einseitige Wandverdickung ist außerdem bei den Oberhautzellen sehr verbreitet. Auch die Bildung der Poren und Porenkanäle, desgleichen der spiral- und netzförmigen Verdickungen,

Fig. 19.

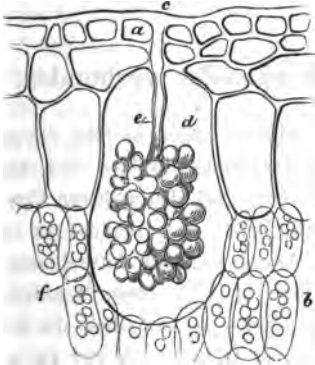
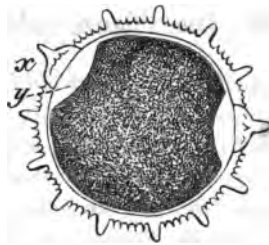


Fig. 20.



tercellularräum, *c* die Berührungsstelle zweier Zellenarme. (Vergrößerung 200 mal.)

Fig. 16. Zellen aus dem Lederkork der Kiefer. (200 mal vergrößert.)

Fig. 17. Eine verzweigte secundäre Bastzelle aus der älteren Rinde der Edeltanne (*Abies pectinata*). (Vergrößerung 150 mal.)

Fig. 18. Ein kleines Stück der *Caulerpa prolifera* in natürlicher Gröfse. *a* Stengel, *b* Blatt, *c* junges Blatt, welches unter der Spitze des alten Blattes hervorsproßt, *d* Wurzel. (Andere *Caulerpa*-Arten haben zierlich gezähnte Blätter. Stengel, Blatt und Wurzel können hier nur der Gestalt und Function nach, aber nicht anatomisch unterschieden werden.)

Fig. 19. Partie aus dem zarten Querschnitt eines Blattes von *Ficus elastica*. *a* Die Zellen der Oberhaut, *b* mit Chlorophyllkörnern erfüllte Zellen des mittleren Blattgewebes, *c* der Ort, wo das Stielchen *e* entsprungen ist, *d* die große Zelle, welcher dasselbe angehört, *f* der traubenförmige Körper. (Vergrößerung 300 mal.)

Fig. 20. Durchschnitt eines Pollenkorns von *Cucurbita Pepo*. *x* Ein Deckel in der Außenhaut über der verdickten Stelle der Innenhaut *y*, welche später als Pollenschlauch hervortritt. (Vergrößerung 300 mal.)

sowie die Bildung der nach Innen vorspringenden Knoten im Wurzelhaar der Marchantien, und der nach Außen vorspringenden Erhebungen und Stacheln auf den Oberhautzellen von *Gladiolus* und der Außenhaut vieler Pollenkörner (Fig. 20) gehören hierher und finden in der ungleichen Verdickung der Zellwand an den verschiedenen Stellen ihres Umkreises ihre Erklärung. Diese aber ist theils von dem Leben der Zelle selbst, in dem geschlossenen Gewebe aber auch von dem Einfluß der Nachbarzellen auf einander abhängig, so daß die Verdickungsformen an den beiden sich berührenden Wänden zweier Zellen meistens gleicher Art sind, selbst wenn der Werth der Zellen ein verschiedener ist (die Gefäßzellen, welche nach beendiger Verlängerung eines Pflanzentheils entstanden sind). — Beim Studium der Entwicklungsgeschichte eines Pflanzentheils muß man zwischen Zellenvermehrung und Zellenwachsthum scharf unterscheiden.

V. Die Pflanzenzellen mit einander verbunden.

§. 12. Nur in verhältnißmäßig seltenen Fällen besteht die ganze Pflanze aus einer einzigen Zelle (bei einigen Pilzen und Algen), in der Regel verbinden sich dagegen viele (bei den höheren Gewächsen), unter sich ungleichwerthige, Zellen mit einander zu einem Ganzen. Die Art der Zellenbildung, Anordnung und Ausdehnung bedingt hier die Formen der Pflanzentheile (p. 22), deren Mannigfaltigkeit bekannt ist. Die Entwicklungsgeschichte sollte deshalb die Grundlage aller Morphologie sein, allein sie ist bisher noch viel zu wenig gepflegt worden. — Gleichwerthige Zellen mit einander verbunden nennen wir Gewebe, und unterscheiden danach ein Oberhaut-, Kork- und Parenchymgewebe. Eine Vereinigung bestimmter Zellen von ungleichem Werthe, welche als zusammenhängendes System die höhere Pflanze durchzieht, wird dagegen als Gefäßsbündel bezeichnet. Aus den Gefäßsbündeln und den verschiedenen Geweben in bestimmter Anordnung besteht aber die höher organisirte Pflanze. Eine genaue Kenntniß der Entstehungs- und Lebensweise der verschiedenen Zellenarten ist deshalb zum Verständniß der Lebenserscheinungen im Gewächsreich nothwendig. — Die Zellen der Gewebe und Gefäßsbündel sind unter einander durch Intercellularsubstanz (p. 28) verbunden, welche ein Zersetzungsproduct der Mutterzellen ist und an der freien Oberfläche der Gewächse als Cuticula (p. 29) erscheint.

Die Interzellularräume.

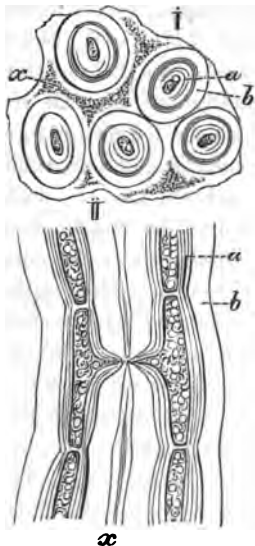
§. 13. Wo Zellen in der Pflanze neben einander liegen, ohne sich an allen Punkten unmittelbar zu berühren, da entsteht ein freier Raum, der Interzellularraum. Je kugelig er nun die Zellen sind, um so kleiner werden die Berührungsflächen und um so größer wird der Interzellularraum, je mehr sich dagegen die Gestalt der einen Zelle der anderen unterordnet, und je mehr sich ihre Wände gegenseitig abplatten und aneinander legen, um so größer werden die Berührungsflächen und um so kleiner muß der Interzellularraum werden. Das sternförmige Gewebe hat die größten Interzellularräume (Fig. 15. p. 22). Die letzteren sind in der Regel mit Luft erfüllt und bilden so in bestimmten Geweben ein mehr oder weniger zusammenhängendes System von Interzellulargängen, welche in die größeren mit Luft erfüllten Räume unter den Spaltöffnungen der Blätter oder der grünen Rindentheile des Stammes, welchen man Athemhöhlen nennt, ausmünden. In allen Geweben, wo noch die Zellenbildung fort dauert, fehlt die Luft im Interzellularraum und in den Holzgeweben ist derselbe in der Regel durch Interzellularstoff ausgefüllt. — Größere, regelmäßig angeordnete, canalartige, Lücken im Parenchym gewisser Pflanzen, welche einen dem Milchsaft ähnlichen Saft enthalten, werden Milchsaftgänge genannt (bei *Alisma*, den *Musaceen* und *Aroideen*), sie haben keine eigene Wandung und sind eigentlich nichts anderes als mit Saft erfüllte Interzellularräume. Aehnlich verhalten sich die Gummigänge der Cacteen, welche mit einem schleim- oder gummiartigen Saft erfüllt sind; auch die Harzgänge der Nadelhölzer gehören hierher, doch sind sie selten ganz mit Harz erfüllt und führen in der Regel neben letzterem noch Luft. Außer diesen Gängen, welche ein mehr oder weniger verzweigtes und zusammenhängendes System bilden, giebt es noch bei gewissen Pflanzen Luftcanäle, in welchen keine Secrete in namhafter Menge ausgeschieden werden und die auf zweierlei Weise, entweder durch eine ähnliche Anordnung der Zellen wie bei den Harzgängen entstehen (im Blattstiel der *Nymphaeaceen*), oder durch Resorption eines vormals vorhandenen Gefäßes hervorgehen, wie dies im Gefäßbündel der *Equisetaceen* vorzukommen scheint. — Luftlücken bilden sich ferner durch ein Zurückbleiben oder Aufhören der Zellenbildung und Ausdehnung bestimmter Regionen eines Pflanzentheils (die regelmäßig gestellten kammerartigen Luftlücken im Gewebe der Blattscheide von *Musa sapientum* und die stockwerkartig übereinander liegenden Luftkammern im Mark des älteren Stammes der *Kleinia nereifolia*). Auf dieselbe Weise verschwindet auch das Mark

des Grashalmes, welches ursprünglich, wie bei allen Stammgebilden, vorhanden ist. — Im ganzen Interzellulärsystem finden sich nur gasförmige, flüssige oder bereits erhärtete Secrete der Zellen, desgleichen in den Gummigängen die Auflösungsproducte der Zellen des Umkreises, und deshalb bei den Cacteen häufig Krystalle und Stärkemehlkörner, welche jedoch aus den resorbirten Zellen stammen. Im Interzellulärsystem selbst bilden sich keine geformten Kohlenhydrate.

Die Interzellulärsubstanz.

§. 14. Die Interzellulärsubstanz verbindet die Zellen mit einander. In größter Menge ist sie bei den Fucaceen vorhanden, wo sich deshalb die Weise ihrer Bildung aus der Wandung der untergehenden Mutterzellen am besten verfolgen läßt. Auch im Cambium der Bäume ist sie reichlich vertreten, in anderen Fällen dagegen nicht selten durch das Mikroskop kaum nachzuweisen; sie kann in diesem Falle nur durch das Verhalten der Gewebe zu chemischen Reagentien, welche nach ihrer Entfernung in ihre einzelnen Zellen zerfallen, gefolgt werden.

Fig. 21.



Bei den Fucoiden sieht man den allmähigen Uebergang des anfänglich noch aus Schichten bestehenden Zellstoffes der Mutterzelle in eine structurlose, sich später nicht mehr als Zellstoff verhaltende Substanz sehr deutlich. Die Wände der Mutterzellen sind hier sehr dick (Fig. 21), sie werden anfänglich durch Jod und Schwefelsäure noch violett, etwas später röthlich und zuletzt gar nicht mehr gefärbt und verhalten sich alsdann auch überhaupt nicht mehr als Zellstoff. Bei *Fucus vesiculosus* kann man nicht selten noch mehrere Generationen der Mutterzellen in der Bildung zur Interzellulärsubstanz begriffen, verfolgen. Wo dagegen die Wand der Mutterzelle dünn ist, muß natürlich auch die Menge der aus ihr entstandenen Interzellulärsubstanz geringe ausfallen, weshalb sich die Gewebe der höheren Pflanzen weniger gut für die

Fig. 21. I Partie aus einem zarten Querschnitt durch das Laub von *Chorcharia scorpioides*, *a* die Tochterzelle, *b* die Wand der Mutterzelle, welche sich durch Jod und Schwefelsäure roth färbt, *x* die Interzellulärsubstanz, aus früheren Mutterzellen entstanden, die nicht mehr gefärbt wird. II Ein Längsschnitt (Vergrößerung 400 mal).

Entwicklungsgeschichte derselben eignen. Hier sammelt sich diese namentlich im Intercellularraum, den sie bei den Holzgeweben ganz ausfüllt. Durch ihr von der Zellwand verschiedenes chemisches Verhalten ist sie dagegen fast überall sowohl zu entfernen, als auch für sich isolirt darzustellen, sie unterscheidet sich auch überall von der primären Zellwand, zwischen welcher sie als Bindemittel der benachbarten Zellen auftritt. Das Netzwerk, welches man bei Behandlung eines zarten Querschnittes durch das Kiefernholz nach der Maceration mit chlorsaurem Kali und Salpetersäure durch Einwirkung concentrirter Schwefelsäure erhält, besteht, wie ich nach meinen neuesten Untersuchungen zu glauben berechtigt bin, nur aus der Intercellularsubstanz und nicht, wie ich bisher angenommen (Anatomie I. p. 125), aus der primären Membran und dem Intercellularstoff; dasselbe löst sich in Kali, läßt sich aber nicht in zwei Platten, in die primäre Membran, zerlegen. Dagegen treten bei Behandlung eines anderen macerirten Schnittes mit Aetzkali die Holzzellen mit erhaltener primärer Membran durch Auflösung des Zwischenstoffes aus ihrem Verband. Im Thierreich (im Mantel der Ascidien) tritt der Zellstoff selbst als Zwischensubstanz auf. Die stickstoffhaltige Membran der Zellen entspricht hier der Hautschicht oder dem Primordialglauch der Pflanzenzelle.

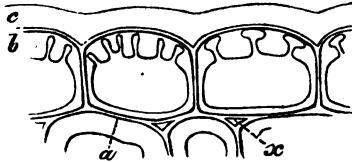
Die Cuticula.

§. 15. Die eigentliche Cuticula bildet einen, oftmals nur sehr zarten, hautartigen Ueberzug über die freie Oberfläche der Zellen; sie entsteht ursprünglich aus einer vormaligen Zellstoffmembran, die entweder der Wand einer oder mehrerer Mutterzellen oder, wie beim Pollenkorn, den ältesten Verdickungsschichten desselben angehört, sie vermehrt sich jedoch später durch Secretion von Seiten der Zellen, unterhalb derselben. Die eigentliche Cuticula ist von den Cuticularschichten der Oberhaut, welche nicht bei allen Pflanzen vorhanden sind und die aus den verkorkten älteren Verdickungsschichten der äußeren Wand der Oberhautzellen hervorgehen, wohl zu unterscheiden.

Einen gleichen oder ähnlichen Ursprung und eine ähnliche Bedeutung als die Intercellularsubstanz zwischen den Zellen gewinnt die Cuticula für die freie Oberfläche derselben. Der Gegensatz der freien und nicht freien Oberfläche bewirkt hier die Unterschiede, welche sowohl in der Fortbildungsweise als auch in der chemischen Zusammensetzung zwischen beiden festzustellen sind. Indem nämlich, wo sich zwei Zellen berühren, durch Diffusion ein Saftaustausch stattfindet,

wird auf dieselbe Weise an der freien Oberfläche der Zellen eine Flüssigkeit ausgeschieden, die hier nicht weiter verarbeitet werden kann, dagegen an der Luft eintrocknen muß und so die, als Zersetzungsproduct der Mutterzelle ursprünglich entstandene, Cuticula vermehrt. Nun sehen wir auch in denjenigen Fällen, wo sich Cuticularschichten bilden, welche die Saftausscheidung nach Außen vermindern oder aufheben, eine Beschränkung oder ein Aufhören in der Zunahme der wahren Cuticula (*Viscum*, *Gasteria*), andererseits aber,

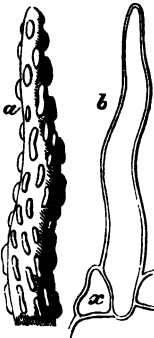
Fig. 22.



wo deutliche Porenkanäle eine Ausscheidung befördern, die Zunahme der Cuticula mit dem Alter des Pflanzentheiles (*Cycas revoluta*) (Fig. 22). Eine sehr dicke Wachs-schicht auf älteren Zweigen der *Euphorbia canariensis* ist, wenn

auch keine Cuticula, doch ihr zu vergleichen, sie wird aus zahllosen kleinen Porenkanälen der Oberhautzellen ausgeschieden und hat vielleicht nur deshalb außer einer wagerechten Schichtung eine in der Richtung der Porenkanäle auftretende Streifung; doch wäre es auch möglich (?), daß sie das Zersetzungsproduct der äußeren Zellwand-schichten selber wäre, indem sie, von oben gesehen, die Gestalt der Zellen nachahmt. Die Außenhaut der Pollenkörner, die man auch Cuticula genannt, entsteht nur aus den chemisch veränderten äußeren Verdickungsschichten, sie hat ihre Porenkanäle (Fig. 2. p. 7) und

Fig. 23.



überhaupt nach den Pflanzen einen verschiedenen, oftmals sehr complicirten Bau (Fig. 20 p. 25), wogegen die eigentliche Cuticula der Oberhaut aus der Wand der untergegangenen Mutterzelle entstanden und durch Ausschwitzung der Oberhautzellen vermehrt, immer structurlos ist, aber nicht selten knotenförmige Erhebungen u. s. w. zeigt (Fig. 23) und allgemein dem Angriff der concentrirten Schwefelsäure lange widersteht, dagegen von Aetzkali gelöst wird. Die Hüllhaut der Fadenalgen (*Ulothrix*) entsteht sichtbar aus der Membran der Mutterzellen, welche sich hier wie die Interzellular-

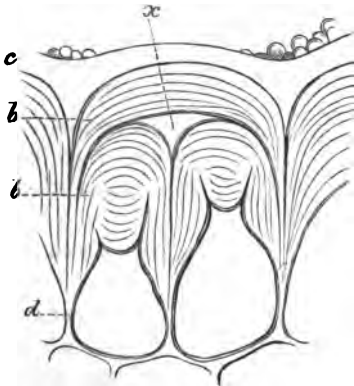
Fig. 22. Querschnitt durch die Oberhaut der Oberseite eines ausgewachsenen Fiederblattes von *Cycas revoluta*. *a* Die primäre Zellmembran, *b* die Verdickungsschichten mit ihren Porenkanälen, *c* die Cuticula, *x* die Interzellularsubstanz (Vergrößerung 600 mal).

Fig. 23. *a* Ein ausgebildetes Haar aus dem Haarkranz unter der Narbe von *Monotropa hypopitys*, *b* ein derartiges Haar nach dem Kochen mit Kali (Vergr. 200 mal).

substanz der Fucoideen ganz allmählig chemisch verändert. Auf der Narbe von *Viola tricolor* kann man endlich die Bildung einer festen Haut, einer wahren Cuticula, aus der erhärteten Narbenausschwitzung direct verfolgen.

Eine Oberhaut ohne Cuticularschichten findet sich bei den Orchideen, *Hyacinthus*, *Solanum*, *Vitis*, *Dipsacus*, ferner bei der Mehrzahl der krautartigen Pflanzen und bei den Gewächsen mit zarten, weichen Blättern überhaupt. Eine Oberhaut mit entwickelten Cuticularschichten zeigen

Fig. 24.



die Aloë- und Gasteria-Arten, desgleichen *Phormium*, *Hechtia*, *Nerium*, *Ilex* und vor allem *Viscum* (Fig. 24); die Cuticularschichten sind überhaupt den Pflanzen mit lederartigen, mehrere Wachstumsperioden überdauernden Blättern und den Zweigen, welche gleichfalls lange ihre grüne Oberhaut bewahren, eigen. Nicht selten, z. B. bei *Gasteria obliqua*, findet sich eine scharfe Grenze zwischen dem inneren, noch aus Zellstoff bestehenden und den äußeren bereits

cuticularisirten Verdickungsschichten, welche durch Anwendung von Reagentien noch deutlicher hervortritt; so daß nach der Einwirkung von concentrirter Schwefelsäure die Cuticularschichten mit der wahren Cuticula als feste Membran zurückbleiben, während die inneren Schichten der äußeren Wand der Oberhautzellen, sammt den übrigen schwächer verdickten und nicht cuticularisirten Wänden von der Säure aufgelöst werden. Auch in den Cuticularschichten sind in der Regel Porenkanäle erkennbar, allein diese sind häufig sehr enge, bei *Viscum*. Durch Kochen mit Kali kann man den Cuticularstoff entfernen, worauf die aufgelockerten Schichten sich ganz wie Zellstoff verhalten. Die Cuticularschichten der Oberhaut wirken, ähnlich wie der Kork, dem sie auch in chemischer Beziehung gleich stehen, zur Verminderung der Verdunstung an der Oberfläche der Pflanzen, welcher Zweck aber auch durch andere Mittel, z. B. bei *Euphorbia canariensis* durch eine Wachs-

Fig. 24. Partie aus dem Längsschnitt durch die Oberhaut eines 9jährigen Stengelgliedes von *Viscum album*. *b* Die cuticularisirten Verdickungsschichten. In der mittleren Zelle haben sich noch später zwei Tochterzellen gebildet, *c* die Cuticula, *d* die nicht cuticularisirte innerste Verdickungsschicht, *x* Intercellularsubstanz (Vergrößerung 400mal).

schicht und bei *Opuntia Ficus indica* durch das unter der Oberhaut liegende Collenchym erreicht wird.

VI. Die Arten der Pflanzenzellen.

§. 16. Man kann die Pflanzenzellen nach ihrer Entstehungsweise, nach ihrem Auftreten im Pflanzenkörper, sowie nach ihrer physikalischen und physiologischen Beschaffenheit in mehrere unter sich verschiedene Arten theilen.

Ich unterscheide zuerst freie und mit anderen verbundene Pflanzenzellen.

Zu den freien Pflanzenzellen gehören: *a)* die Schwärmfadenzellen, *b)* die Sporen der Kryptogamen, *c)* die Pollenkörner der Phanerogamen; welche alle 3 in der zweiten Abtheilung dieses Buches am geeigneten Orte besprochen werden.

Für die unter sich verbundenen Pflanzenzellen lassen sich darauf folgende 9 Unterordnungen aufstellen:

a) Die Zellen und das Gewebe der Pilze und Flechten, charakterisirt durch eine Modification des Zellstoffes, welcher, mit seltenen Ausnahmen, durch Jod und Schwefelsäure nicht blau gefärbt wird, dagegen im Fruchtlager der Flechten durch den Vegetationsproceß selbst in Stärke übergeht. Das Gewebe besteht im Allgemeinen aus verzweigten, unter sich verschlungenen, Zellenfäden, die jedoch hier und da auch Kugel- und Schlauchgestalt annehmen.

b) Die Zellen und das Gewebe der Algen, als Uebergang von der vorhergehenden Gewebeart zum Parenchym der höheren Gewächse. Der Zellstoff entspricht hier, mit wenig Ausnahmen, dem Zellstoff im Allgemeinen, er wird durch Jod und Schwefelsäure blau gefärbt.

c) Das Parenchym, ein sehr verbreitetes allen höheren Pflanzen eigenthümliches Gewebe, welches sich wieder in zwei Unterarten sondern läßt:

α) Urparenchym oder dasjenige kleinzellige Gewebe, aus welchem direct oder indirect alle Zellenarten ohne Ausnahme entstehen können und welches zunächst der Zellenvermehrung dient. Die Zellen der Keimanlage, sowie des Vegetationskegels am Stamm und an der Wurzel bestehen aus demselben;

β) eigentliches Parenchym oder Nahrungsgewebe, eine weit verbreitete Zellenart, welche sowohl der Zellenvermehrung,

als auch vorzugsweise der Bildung von Nahrungsstoffen für die Pflanze dient. Das Stärkmehl, Inulin, Gummi, Zucker und Klebarmehl entstehen zunächst in ihm. Es giebt dünnwandiges, dickwandiges und verholztes Parenchym (die Markstrahlzellen [δ , γ] gehören eigentlich zum Parenchym).

d) Das Cambium, aus dem Urparenchym direct entstanden und gewissermaßen nur eine Uebergangsform des letzteren in die Elemente des Gefäßbündels, charakterisirt sich durch seine zarten, niemals verholzten Zellen, welche nur der Zellenvermehrung und dem Saftaustausch dienen. Durch den Cambiumring verdickt sich der Stamm und die Wurzel. In manchen Fällen läßt sich im Stamm und in der Wurzel noch ein Cambium der primären Rinde (ein Korkcambium) unterscheiden. Auch das Cambium der Gefäßbündel bei den Dicotyledonen ist durch die Art seiner Fortbildung von dem Cambium im Allgemeinen verschieden. Die Cambiumzellen des fertigen Gefäßbündels sind die wesentlichsten Theile desselben.

e) Die Gefäße, entstehen aus dem Cambium der Gefäßbündel als eine Längsreihe von Zellen, welche sich in der Regel in ihrer Breite mehr als die anderen Zellenarten ausdehnen, nur eine kurze Zeit Saft führen und mit dem Verlust des letzteren auch ihre Querscheidewände verlieren, so daß aus einer Reihe von Zellen später eine luftführende Röhre entsteht. Die Seitenwandung der Gefäßzellen ist meistens verholzt.

f) Das Holzgewebe des Gefäßbündels zerfällt wieder in 3 besondere Zellenarten: α) Die eigentlichen Holzzellen, welche direct durch Längstheilung einer senkrechten Cambiumzelle des Gefäßbündels entstehen, und deshalb lange, schmale, meistens an beiden Enden zugespitzte und zwischen einander geschobene Zellen bilden, welche in der Regel verholzen und, gleich den Gefäßen, nur für kurze Zeit Saft führen. β) Das Holzparenchym, eine Bildung von Tochterzellen in kürzlich entstandenen Holzzellen, wobei die Mutterzelle entweder verschwindet oder erhalten bleibt. Dies Holzparenchym, welches viel länger als die Holzzellen saftig verbleibt, kommt dem Parenchym im Allgemeinen näher und führt wie dieses Stärkmehl und andere Kohlenhydrate. γ) Die Markstrahlzellen, durch Quertheilung der wagerechten Cambiumzellen des Verdickungsringes entstanden, bilden wagerechte Bänder, welche die Gefäßbündel der Dicotyledonen durchsetzen und im Holztheile derselben in der Regel verholzt sind, aber dennoch lange safterfüllt bleiben und Kohlenhydrate erzeugen.

g) Das Bastgewebe des Gefäßbündels, zerfällt gleichfalls in mehrere besondere Zellenarten: α) Die eigentlichen Bastzellen,

welche direct oder indirect durch Längstheilung einer senkrechten Cambiumzelle entstehen; auch, wie es scheint, bei einigen Pflanzen mit einander frühzeitig zu einer Bastzelle von grosser Länge verschmelzen, oder sich bei den milchsaftführenden Bastzellen (Milchsaftgefässen) durch Verschmelzung vieler Zellen mit einander vielfach verzweigen, ja sogar ein die ganze Pflanze durchziehendes Milchsaftgefässsystem bilden können. Die Bastzellen erscheinen sowohl dünnwandig als dickwandig und in letzterem Falle oftmals verholzt, sie führen in der Regel länger Saft als das Holzgewebe; auch können sich in ihnen später Tochterzellen (secundäre Bastzellen) bilden.

β) Die Siebröhren, gleich den Bastzellen aus den senkrechten Cambiumzellen entstanden, mit eigenthümlichen Poren in der Quer- und Seitenwand und schwach verdickter nicht verholzter Wandung, scheinen die Gefässe im Basttheile des Bündels zu vertreten und dem absteigenden Saftstrom zu dienen.

γ) Bastparenchym, eine dem Holzparenchym vergleichbare Bildung von Tochterzellen in eben entstandenen Bastzellen, welches mehr dem Rindenparenchym als den Bastzellen gleicht.

δ) Markstrahlzellen der Rinde, in ihrer Entstehung und Anordnung den Markstrahlzellen des Holzgewebes gleich, in ihrer Ausbildung dagegen von ihnen verschieden, indem sie gleich dem Rindenparenchym in der Regel zartwandig bleiben und nicht verholzen.

λ) Das Oberhautgewebe, welches unmittelbar aus dem Urparenchym hervorgeht, bildet sich nur an der freien Oberfläche, seine Zellen verholzen selten, verkorken dagegen sehr häufig. Die Bildung der Cuticularschichten beschränkt sich immer auf die Aussenfläche dieser Zellen. Der Oberhaut gehören die Spaltöffnungen, Haargebilde, Stacheln u. s. w. Die Oberhaut kann sich, wenn sie einmal zerstört ist, nicht wieder nachbilden.

ι) Das Korkgewebe, welches zunächst an der Oberfläche der Gewächse auftritt, entsteht in den Oberhautzellen oder in Parenchymzellen, aber niemals direct aus dem Urparenchym, seine tafelförmigen Zellen haben eine kurze Lebensdauer, sie verholzen niemals, ihre Wandung geht dagegen frühe und zwar allseitig in Korkstoff über, selbige führen alsdann Luft und hemmen in diesem Zustande, gleich der verkorkten Oberhaut, die Verdunstung der Oberfläche; das Korkgewebe schützt deshalb die Pflanze vor den zerstörenden Einflüssen der Atmosphäre. Der Kork bildet sich ausserdem noch an den Wundflächen, er ist das Vernarbungsgewebe der Pflanzen und isolirt ausserdem kranke oder absterbende Theile von den gesunden.

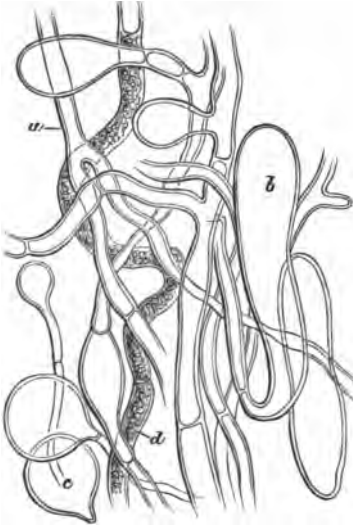
Während sich aus dem Urparenchym direct sowohl das Paren-

chym, als auch die Oberhaut und das Cambium entwickeln können, ist nur das letztere fähig die Bestandtheile des Gefäßbündels zu bilden, ein solches geht deshalb immer der Bildung der Gefäßbündel voran, und durch dasselbe wächst und verzweigt sich das Bündel. Die Gefäßbündel bilden deshalb in der Pflanze ein zusammenhängendes System verschiedener regelmäßig geordneter Zellenarten, welches alle Theile des Pflanzenkörpers durchzieht. Das Korkgewebe endlich entsteht sowohl in der Oberhaut, als in dem Parenchym und Cambium. Die Gefäßbündel scheinen vorzugsweise dem Saftstrom der Pflanze zu dienen, und zwar der Holztheil desselben durch seine Gefäße und Holzzellen dem aufsteigenden, der Basttheil dagegen durch seine Siebröhren und Bastzellen dem absteigenden Saftstrom. Im Holz der Nadelhölzer fehlen die Gefäße, bei den Monocotyledonen und Kryptogamen aber ist der Holztheil und Basttheil der Gefäßbündel, weil die Fortbildungsweise desselben eine andere ist, nicht scharf geschieden, es fehlt hier ferner Zerklüftung der primären Gefäßbündel durch secundäre Markstrahlen. Das Parenchym lagert sich überall zwischen die Gefäßbündel, es dient zunächst der Verarbeitung der Säfte zur Bildung der Reservestoffe. Die Oberhaut und der Kork endlich schützen die freie Oberfläche der Pflanze. Durch die Wechselwirkung der verschiedenen Zellenarten lebt die höhere Pflanze, die Diosmose ist bei ihr das einzige Mittel zum Austausch der Säfte und dieser findet nach dem Bedürfnis der verschiedenen Zellen für verschiedene chemische Stoffe in verschiedenen Richtungen statt, im Gefäßbündel aber erfolgt sowohl der aufsteigende Hauptstrom von der Wurzel bis zur Stammspitze, als umgekehrt in anderen Theilen desselben auch der absteigende Hauptstrom. Ein wagrechter Saftstrom wird aber bei den Dicotyledonen durch die Markstrahlen und bei den Monocotyledonen und Kryptogamen durch das ihnen entsprechende Parenchym zwischen den Gefäßbündeln vom Centrum der Achse zum Umkreis unterhalten, die einzelnen Zellen selbst aber wirken noch ihrerseits nach Bedürfnis auf einander.

Das Gewebe der Pilze und Flechten.

§. 17. Das Gewebe der Pilze und Flechten (p. 32) läßt sich anatomisch nicht von einander unterscheiden, wie überhaupt eine scharfe Trennung beider Pflanzengruppen von einander nicht ausführbar ist. Die einfachsten Pilze bestehen aus einer oder aus einigen Zellen, die höher organisirten, sowie die Flechten werden dagegen aus vielen, meistens fadenförmig an einander gereihten und durch einander geschlungenen Zellen gebildet. Obschon die Zelle hierbei

Fig. 25.



in mannigfacher Gestalt auftreten kann (Fig. 25), bleibt sie doch immer dieselbe Zellenart, aus welcher sich zuletzt sogar die Fortpflanzungsorgane bilden. Der Zellstoff der Pilze und Flechten verholzt unter Umständen.

Die morphologische Erscheinungsweisen der Pilze sind sehr mannigfach und bei den niederen Formen kaum unter bestimmte Gesichtspunkte zu vereinen, diese ändern auch nach den Umständen vielfach ihre Gestalt und Lebensweise (der Dimorphismus der Pilze §. 58), so daß es zur Zeit schwer ist, einen niederen Pilz, den man nicht durch alle Lebensphasen ver-

folgt hat, scharf zu charakterisiren. Zunächst kann man nach der Lebensweise drei Arten unterscheiden: 1. Pilze, die nur auf faulenden Organismen leben, die ächten Schimmelpilze, wohin der Pilz auf dem kranken Kartoffelblatte gehört; 2. Pilze, welche sich nur von den Säften lebender Thiere und Pflanzen ernähren, die ächten Schmarotzerpilze (die Muscardine, welche auf der Seidenraupe lebt, die Brandpilze und der Traubenpilz, welche bestimmte Pflanzenkrankheiten hervorrufen); 3. solche, welche selbstständig leben können, alle Pilze höherer Ordnung, z. B. die Hut- und Becherpilze, desgleichen die Flechten. Das Pilzgewebe ist durch seinen Stickstoffreichthum ausgezeichnet, durch selbigen fördert der Gährungspilz die Gährung und aus ihm erklärt sich auch die leichte Vergänglichkeit und der stinkende Geruch vieler Pilze (*Phallus impudicus*), dagegen ist das verholzte Pilzgewebe sehr beständig (*Boletus ignarius*). Während die Pilzzellen, mit Ausnahme des Pilzes des kranken Kartoffelblattes (*Peronospora infestans* u. s. w.), durch Jod und Schwefelsäure nicht blau gefärbt werden, geht der Zellstoff der Sporenschläuche und Paraphysen im Fruchtlager der meisten Flechten schon direct in Stärke über. — Die höheren Pilze und die Flechten bringen ihre Fructification gesellig in bestimmter Anordnung. — Die Pilzfäden vieler Schmarotzerpilze durchbohren durch Resorption die Zellenwände ihrer Nährpflanze und dringen

Fig. 25. Zellen aus dem Gewebe des Fliegenschwammes (*Amanita muscaria*); a, b, c verschiedene Zellenformen, d mit Milchsaft erfüllte Zellen (Vergr. 200 mal.)

so von Außen nach Innen immer weiter, beschränken ihren Angriff in der Regel aber auf bestimmte Zellenarten, und wuchern deshalb in dem einen Falle vorzugsweise im Parenchym und in dem anderen vorzugsweise in bestimmten Zellen des Gefäßbündels. — Den Pilzen fehlt das Chlorophyll und bei den Flechten erscheint dasselbe nur in bestimmten kleinen kugeligen Zellen, welche sich durch Abschnürung aus dem Fadengewebe bilden (den Gonidien); geformtes Stärkmehl (Stärkmehlkörner) ist für beide Pflanzengruppen nicht bekannt. Der äußere Theil des Fadengewebes der Flechten (die Rindenschicht) verholzt in der Regel, die Zellwand anderer Flechten enthält dagegen viel schleimige Bestandtheile (*Cetraria islandica*).

Die Zellen der Algen.

§. 18. Das Gewebe der Algen (p. 32), welche sich den Pilzen unmittelbar anschließen, aber nur im Wasser leben, ist dem Parenchym der höheren Gewächse schon viel mehr verwandt. Eine Pflanze dieser Art kann aus einer, aber auch aus vielen Zellen zusammengesetzt sein. Die Algenzelle bildet als kugeliges Bläschen die *Protococcus*-pflanze und als vielverzweigter, oft fußlanger, durch Zellstoffbalken unterstützter, Schlauch die gestaltlich mit Stamm, Blättern und Wurzeln versehene einzellige *Caulerpa* (Fig. 17. p. 24). Die aus mehreren oder vielen Zellen bestehenden Algen dagegen bilden Fäden, Flächen oder mannigfach gestaltete Körper, ihre Zellen besitzen Porenkanäle und Verdickungsschichten, welche für die Flechten nur bei den Sporenschläuchen mit Sicherheit nachzuweisen sind. Die Zellwand der Algen wird im Allgemeinen durch Jod und Schwefelsäure blau gefärbt (*Caulerpa* macht eine Ausnahme). Aus der Zellwand der Mutterzelle geht bei den Fadenalgen die Hüllhaut derselben, welche sich allmählig chemisch verändert, und bei den *Fucus*-Arten, welche vielgestaltige, oft baumartig verzweigte, meistens braun oder roth gefärbte, Meerespflanzen bilden, sichtbar die hier sehr reichlich vertretene Intercellularsubstanz hervor (p. 28). Diese höher organisirten Algen können gewissermaßen, gleich den höher organisirten Pilzen, als eine Colonie vielfach verzweigter, durch Intercellularsubstanz mit einander verbundener, Fadenalgen betrachtet werden, welche an bestimmten Stellen ihre Fructificationsorgane tragen. Bei den niedrigsten Algen (einzellige Algen im weiteren Sinne) dagegen kann jede beliebige Zelle zum Fructificationsorgan werden, bei ihnen sind demnach alle Zellen gleichwerthig, was bei den höheren Algen nicht mehr der Fall ist. — Die Rindenzellen der *Fucus*-Arten sind zwar nicht eigentlich verholzt, unterscheiden sich aber durch eine

größere Festigkeit und ein verändertes chemisches Verhalten von den weicheeren Zellen des Inneren der Pflanze; bei *Corallina* aber, die aus einem dem Flechtenlager ähnlichen Thallus besteht, aus dem verzweigte Gliederstämme hervorwachsen, sind die Zellwände des Thallus und der Glieder durch kohlensauen Kalk verkalkt, die Gelenke zwischen den Gliedern aber aus kalkfreien Zellen gebildet. — Bei den Fadenalgen und bei den Vierlingsfrüchten der *Corallina* läßt sich die Zellenbildung durch Theilung am besten verfolgen (p. 19). Auch ist die Copulation oder die Verschmelzung der Zellwände zweier gegeneinander wachsender Zellen verschiedener Fäden für selbige und für einige Pilze charakteristisch, indem sich auf diese Weise aus dem vereinigten Inhalt der beiden copulirten Zellen die Ueberwinterungsspore bildet.

Das Gewebe der Algen führt häufig Blattgrün, sowohl in Körnern als formlos und in spiralförmigen Bändern (*Spirogyra*); bei anderen ist ein brauner und rother Farbstoff, welcher die prächtige Färbung der so zierlichen *Delesserien* hervorruft, verbreitet. Stärkmehl findet sich nicht selten in Körnern (*Caulerpa*), außerdem ist ein schleimiger Stoff, in den sich auch die Wände der Zellen aufzulösen scheinen, sehr verbreitet (bei den *Chondrus*-Arten).

Die Charen bilden, zunächst durch ihre ungleich complicirter gebauten Fructificationsorgane, den Uebergang von den Algen zu den höheren Kryptogamen. Sie leben wie diese im Wasser und bestehen aus langen schlanken Fäden, mit quirlförmig gestellten Verzweigungen. Bei *Nitella* besteht jedes Fadenglied aus einer einzigen cylindrischen Zelle; bei *Chara* dagegen ist selbige noch durch eine Schicht kleinerer Zellen berindet. In den großen Zellen der *Nitella* läßt sich der einfache Saftstrom am besten verfolgen (p. 11).

Das Parenchym und seine Zellen.

§. 19. Das Parenchym ist das verbreitetste und in seiner Ausbildung mannigfaltigste Gewebe der Pflanze (p. 32). In den Parenchymzellen bilden sich sowohl neue Zellen, als auch sehr verschiedene, als Reservestoffe zur Ernährung der Pflanze dienende, chemische Verbindungen. Das Stärkmehl und die anderen Kohlenhydrate, desgleichen die fetten und ätherischen Oele, Harze, das Blattgrün und die übrigen Pflanzenfarbstoffe, sowie die Pflanzensäuren sind zunächst Erzeugnisse der Parenchymzellen. Die übrigen Zellenarten liefern entweder gar keine derartigen Stoffe (das Cambium, die Gefäßzellen und der Kork) oder sie bilden nur in beschränkterem Grade den einen oder anderen (das Holzparenchym, die Markstrahlen, die Bastzellen und die Oberhaut), man darf deshalb das Parenchym mit Recht als Nahrungs-

gewebe bezeichnen. — Das Urparenchym ist gewissermaßen die Urform aller Pflanzenzellen, denn alle übrigen Zellenarten haben sich, entweder direct oder indirect, aus demselben entwickelt. — Es giebt nun keine Pflanze und keinen Pflanzentheil ohne Parenchym, wohl aber giebt es Gewächse, die ganz (die Charen) oder zum größten Theil (die Laub- und Lebermoose) aus ihm bestehen. Sogar die Zellen der Algen, Flechten und Pilze sind eigentlich nur Modificationen desselben. Die Parenchymzelle ist ursprünglich, wie alle jungen Zellen, schwach verdickt, nach ihrer Ausbildung und Function richtet sich aber später ihre Gestalt und der Grad ihrer Verdickung. Die Parenchymzellen, welche neue Zellen bilden, desgleichen diejenigen, welche reichlich Kohlenhydrate liefern, bleiben in der Regel schwach verdickt; das verholzte Parenchym dagegen führt selten Nahrungsstoffe. Für das eigentliche Parenchym unterscheidet man das regelmäßige und das unregelmäßige, ferner das unverholzte und das verholzte Parenchym.

Das Urparenchym findet sich nur da, wo ein Pflanzentheil sich neu bildet oder durch Zellenvermehrung vergrößert; das Gewebe der jungen Keimanlage, vor der Differencirung der Keimachse in Mark, Cambiumring und Rinde, besteht aus ihm, später verbleibt dasselbe an den fortwachsenden Endpunkten der Pflanze, also am Vegetationskegel des Stammes und der Wurzel. Das Gewebe, aus welchem sich am Cambiumring des Stammes und der Wurzel Nebenknospen für Seitenzweige oder Seitenwurzeln bilden, und deren erste Anlage selbst, kann gleichfalls Urparenchym genannt werden; auch im Blatte erscheint es da, wo sich durch Neubildung von Zellen ein Wachsthum mit Verlängerung oder Verzweigung der Gefäßbündel kundgiebt. Das Urparenchym besteht aus kleinen Zellen, deren Grundform die Kugel ist, indem sie nach allen Richtungen einen nahebei gleichen Durchmesser zeigen. Diese kleinen Zellen, deren Intercellulargänge niemals Luft enthalten, sind meistens mit körnigem Protoplasma, welches in der Regel den Zellkern verdeckt, erfüllt. Der Vorgang der Zellenbildung ist deshalb in ihnen schwierig zu verfolgen, dagegen kann man die allmähigen directen Uebergänge dieser Zellen in das eigentliche Parenchym, in das Oberhautgewebe und das Cambium unschwer nachweisen. Das Urparenchym bildet keine Nahrungsstoffe, es ist dagegen reich an Proteinverbindungen.

Das eigentliche Parenchym findet sich in größter Menge im Mark und in der primären Rinde, ferner überall zwischen den Gefäßbündeln, auch die Markstrahlzellen des dicotyledonen Holzes gehören eigentlich dem Parenchym. Das Sameneiweiß oder das im

Embryosack der Phanerogamen entstandene Nahrungsgewebe für den Keim ist Parenchym u. s. w.

Das regelmässige Parenchym besteht aus Zellen, die unter sich an Grösse, Gestalt und Beschaffenheit ihrer Wandung gleich sind. Wenn diese Zellen kugelig sind, so erhalten wir das Merenchym, sind sie dagegen nach einer Richtung langgestreckt, so redet man von der Breite oder Länge nach gestrecktem Parenchym; sind endlich die Zellen an bestimmten Stellen ihres Umkreises stärker ausgedehnt (p. 23), so erhalten wir das sternförmige Parenchym (Fig. 15. p. 24).

Beim unregelmässigen Parenchym sind die Zellen von ungleicher Gestalt, Grösse und Anordnung, wohin das schwammförmige Parenchym in den Luftgängen vieler Blätter und Blattstiele gehört.

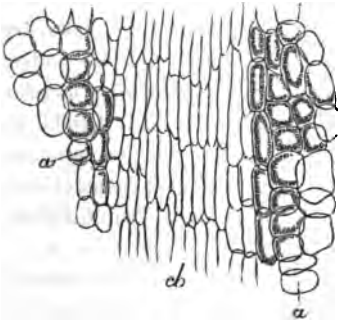
Das Parenchym mit schwach verdickten Wänden zeigt Porencanäle, die häufig erst bei Anwendung von Jod und Schwefelsäure als weisse Flecken in der blau gefärbten Zellwand auftreten, bei dem stark verdickten Parenchym dagegen werden diese Porencanäle immer deutlicher und erscheinen bei Betrachtung des Längs- und Querschnitts oftmals verzweigt, dagegen fehlt der Tüpfelraum in allen Fällen. Das schwach verdickte Parenchym bildet vorzugsweise Nahrungsstoffe (in der Kartoffel, der Batate, Yams, und im Sameneiweiss der Cerealien das Stärkmehl, im Zuckerrohr und in der Zuckerrübe dagegen den Zucker u. s. w.). Das stark verdickte Parenchym ist häufig verholzt. Unverholzt erscheint dasselbe im hornartigen Sameneiweiss (bei der Dattel, dem Drachenbaum), verholzt dagegen in den steinigen Concretionen der Birne und in der holzigen Frucht und Samenschale vieler Pflanzen (Fig. 1. p. 7). In den Verdickungsschichten des Parenchyms zeigen sich überdies die verschiedensten Formen; Ringe, Spiralbänder und netzförmige Verdickungen sind gar nicht selten. Das Collenchym ist eine Art des unverholzten Parenchyms mit stark verdickten Ecken u. s. w. Im Mark- und Rindenparenchym sieht man oft die Stadien der Zelltheilung.

Das Cambium.

§. 20. Das Cambium ist direct aus dem Urparenchym entstanden, es dient als Bildungsgewebe für die Gefässbündel, dessen Zellenarten aus ihm hervorgehen (p. 33). Als Cambium im weitesten Sinne des Wortes kann man aber auch die Zellen des Verdickungsrings (§. 28), weil an der inneren Grenze desselben die ersten Gefässbündel entstehen und sich durch ihn weiter bilden, betrachten. Während

nun aus den Cambiumzellen, in für die Pflanze bestimmter Weise, nach einander die verschiedenen Zellenarten des Gefäßsbündels entstehen, bleibt ein Theil desselben in jedem lebendigen Gefäßsbündel als Cambium zurück und dient als solches wahrscheinlich zunächst der Saftführung. Die Lage dieser Cambiumzellen aber wird für die Hauptgruppen im Pflanzenreich charakteristisch. Die Cambiumzellen der kryptogamen und monocotyledonen Gewächse sind alle langgestreckt

Fig. 26.



und senkrecht gestellt (Fig. 26), das Cambium der Dicotyledonen dagegen besteht aus langgestreckten, senkrechten Zellen, welche das eigentliche Cambium des Gefäßsbündels bilden und wagrecht verlaufenden kürzeren Zellen, aus welchen die Markstrahlen hervorgehen und die als Cambium des Verdickungsringes betrachtet werden müssen. — Die eigentliche Cambiumzelle ist dünnwandig, sie verholzt niemals und führt auch niemals

Nahrungsstoffe, dagegen ist sie reich an stickstoffhaltigen Verbindungen. Das Cambium der Gefäßsbündel scheint sich nur durch sich selbst fortzupflanzen, deshalb bilden sich, mit einer einzigen bis jetzt bekannten Ausnahme, keine neue Gefäßsbündel unabhängig von den bereits vorhandenen (bei *Begonia Moehringii* entstehen aus einem Gewebe cambialer Natur, das freilich keinem Gefäßsbündel angehört, unter der Oberhaut des Stammes zahlreiche Nebenknospen). Es giebt Gefäßsbündel, welche nur aus Cambium bestehen (*Caulinia*, *Najas*, im Rhizom von *Epipogon*) dagegen keine Gefäßsbündel ohne Cambium.

Bei den kryptogamen Gewächsen liegt das Cambium im Umkreis der Gefäße, bei den Monocotyledonen in der Mitte des Bündels, von den Gefäßen und den übrigen Zellenarten desselben umschlossen, bei den Dicotyledonen aber im Verdickungsring, zwischen dem Holztheil, der dem Marke zugewendet ist, und dem Basttheil, welcher in der Rinde erscheint. Danach richtet sich auch die Weise der Fortbildung des Bündels. So hat das Cambium der kryptogamen und monocotyledonen Gefäßsbündel eine begrenzte Fortbildung, wenn das aus ihnen entstandene Gefäßsbündel fertig ist, bleibt es an seinem Orte unverändert; das Cambium der Dicotyledonen dagegen hat eine unbegrenzte Fortbildung, es erzeugt nach der inneren Seite des aus

Fig. 26. Partie aus einem Längsschnitt durch den Dattelkeim. a. a Parenchym, cb Cambium (Vergrößerung 200 mal).

ihm entstandenen Gefäßbündels entweder ohne oder mit periodischen Unterbrechungen neue Holztheile und nach der äußeren Seite neue Rindentheile des Bündels. Außerdem wachsen die Gefäßbündel aller Pflanzen durch eine fortdauernde Neubildung des Cambiums aus dem Urparenchym unter der Stamm- und Wurzelspitze in die Länge und verzweigen sich gleichfalls da, wo ein Urparenchym oder, wie im Verdickungsring, ein cambiales Gewebe vorhanden ist.

In den langgestreckten Cambiumzellen des Gefäßbündels geht die Theilung meistens in der Längsrichtung vor sich, und zwar bei den Dicotyledonen so, daß die eine Tochterzelle, nach ihrer Lage, entweder zur Zelle des Holztheiles oder des Basttheiles wird und die andere Tochterzelle als Cambiumzelle verbleibt und als solche wieder dieselbe Art der Theilung als ihre Mutterzelle eingeht u. s. w. Die Cambiumschicht im Verdickungsring besteht deshalb immer nur aus wenigen Zellenreihen, deren innerste Reihen nur wahre Cambiumzellen, die äußeren aber schon in der Umwandlung zu Holzzellen, Gefäßen, Bastzellen, Siebröhren u. s. w. begriffen sind.

Das Cambium dient außer der Zellenbildung wahrscheinlich überall auch dem Austausch der Säfte, es scheint sich namentlich am aufsteigenden Saftstrom, und zwar insbesondere für die stickstoffhaltigen Verbindungen, zu betheiligen. Bei dem ausgebildeten kryptogamen und monocotyledonen Gefäßbündel vermittelt es sicherlich denselben, doch sind die vasa propria (die Cambiumzellen des ausgebildeten Bündels dieser Pflanzen) vielleicht vom eigentlichen Cambium, das auch der Zellenvermehrung dient, zu unterscheiden und wahrscheinlich zum Theil als Siebröhren zu betrachten. Die vasa propria vieler Monocotyledonen (*Dracaena*, *Smilax*) bestehen nämlich aus engeren Zellen, welche nach Außen, und weiteren, welche nach Innen liegen und die vielleicht dem Saftstrom in verschiedener Weise dienen?

Die Gefäße.

§. 21. Die Gefäße der Pflanze bestehen aus Längsreihen von Zellen, deren Querwände, so lange dieselben Saft führen, vorhanden sind, aber mit demselben verschwinden, so daß später das luftführende Gefäß eine aus Zellen mit resorbirten Querwänden bestehende Röhre bildet (p. 33). Die Gefäßzellen gehen direct aus einer senkrechten Cambiumzelle hervor, sie sind deshalb dem Gefäßbündel allein eigen. Es giebt 2 Hauptformen derselben, das Spiralgefäß und das getüpfelte Gefäß, mit vielen Uebergängen dieser Haupttypen. In den fertigen Gefäßzellen bilden sich, mit seltenen Ausnahmen, keine Tochterzellen, auch hat man niemals in denselben Stärk-

mehl und andere Reservestoffe, und auch nur selten Secrete gefunden. Die Gefäße, welche nur für eine kurze Zeit Saft führen, dienen während derselben, wie es scheint, zunächst dem aufsteigenden Saftstrom.

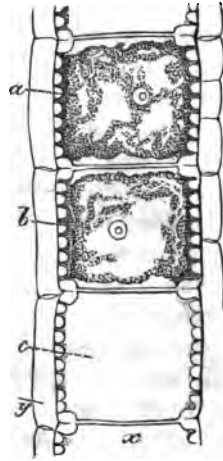
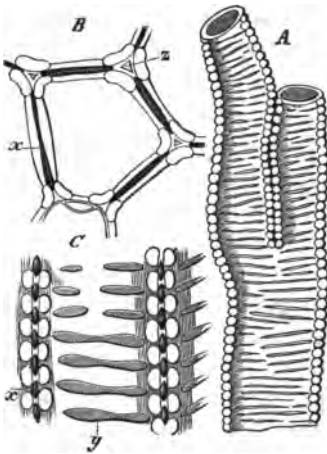
Die Gefäßzelle ist die erste Zellenart, welche sich bei Entstehung eines neuen Gefäßbündels aus dem Cambium differencirt, und zwar erscheinen, so lange sich ein Pflanzentheil noch selbst verlängert, in demselben immer nur Ring- und Spiralgefäße, deren Ringe und Spiralbänder bei der Verlängerung des Pflanzentheiles durch die Längsausdehnung ihrer Zelle immer weiter von einander gezogen werden. Die zuerst entstandenen Gefäße dieser Art bestehen deshalb in der Regel aus langen und schmalen Zellen, die später entstandenen sind dagegen aus kürzeren und weiteren Zellen zusammengesetzt und mit enger gewundenem Spiralband versehen. Ring- und Spiralgefäße findet man überall in den jüngeren Gefäßbündeln der Kryptogamen und Monocotyledonen, desgleichen in der Markscheide des Holzringes der Dicotyledonen, ferner in den Blattstielen und Blattnerven aller Pflanzen, wo sie auch bei den Nadelhölzern, die sonst im eigentlichen Holze keine Gefäße besitzen, nicht fehlen. Das netzförmig verdickte Gefäß bildet eine Uebergangsform vom Spiralgefäß zum getüpfelten Gefäß, dem es in der Weise seiner Verdickung gleicht, sich aber durch das Fehlen der Tüpfel (p. 8) von ihm unterscheidet; es tritt häufig als Uebergangsform von den Spiralgefäßen der Markscheide, die zu einer Zeit entstanden sind, wo sich der Stammtheil noch verlängert, zu den getüpfelten Gefäßen auf, welche sich bilden, sobald die Verlängerung aufhört, und deshalb im Holz der Dicotyledonen vorherrschend sind. Das getüpfelte Gefäß hat nicht selten in seinen inneren Verdickungsschichten noch ein Spiralband (*Tilia*, *Vaccinium*, *Visnea*). Das Treppengefäß endlich ist nur eine Modification des Tüpfelgefäßes, durch die langgezogene Spaltenform der Tüpfel von dem letzteren verschieden; jeder Tüpfel besitzt auch hier einen Tüpfelraum. Das Treppengefäß ist für die älteren Theile des Stammes der Farnkräuter und Lycopodiaceen charakteristisch (Fig. 27). Das eigentliche Tüpfelgefäß dagegen gehört zunächst dem Stamm und der Wurzel der Dicotyledonen.

Die Entstehung der Gefäße verfolgt man am besten im Stamm der *Carica Papaya*, wo dieselben aus kurzen Cambiumzellen, welche sich mit wagerechter Querwand berühren, entstehen (Fig. 28). Die Zelle nimmt hier an Weite bedeutend zu, verlängert sich aber nur wenig oder gar nicht. Die ausgebildete Gefäßzelle, mit netzförmig verdickter, verholzter Seitenwand und Tüpfeln, hat, so lange sie Saft

führt, eine unverholzte mäßig dicke Querwand, welche von einer ringförmigen Verdickung umfaßt wird; sie besitzt ihren eigenen Zellkern und einen mit Protoplasma reich erfüllten Inhalt, dessen Hautschicht sich in Salzlösungen von der Zellwand ablöst. Jede

Fig. 27.

Fig. 28.



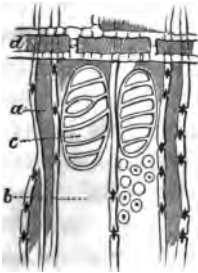
Gefäßzelle wirkt demnach, so lange das Gefäß Saft führt, als wirkliche Zelle; später aber ist die Querwand verschwunden und der vorhin erwähnte Ring umfaßt statt ihrer jetzt ein rundes Loch. Bei dem weiten centralen Spiralgefäß in der Wurzel von *Equisetum* erhält sich die Querwand der Gefäßzelle länger als die Verdickungsschichten des Gefäßes, welches durch Resorption zuletzt ganz verschwindet. Ich habe somit für die beiden Hauptformen der Gefäße, für das Spiralgefäß und für das Tüpfelgefäß, die Gegenwart der Querwand in den saftführenden Gefäßzellen und das Verschwinden derselben mit dem Saft nachgewiesen. Alle Gefäße lassen sich auch

Fig. 27. Treppengefäß aus *Alsophila gigantea*. *A* Das obere Ende einer sehr selten vorkommenden verzweigten Gefäßzelle, deren Querwand von einem runden Loch durchbrochen ist (durch Maceration isolirt und 100mal vergrößert). *B* Ein solches Gefäß mit seinen Nachbarzellen aus einem zarten Querschnitt, *x* der spaltenförmige Tüpfelraum zwischen zwei Gefäßzellen, *z* die Intercellularsubstanz. *C* Partie einer solchen Gefäßzelle aus dem Längsschnitt, *x* der Tüpfelraum, *y* der spaltenförmige Porencanal von oben gesehen (*B* u. *C* 200mal vergr.).

Fig. 28. Ein noch saftführendes, netzförmig verdicktes, getüpfeltes Gefäß von *Carica Papaya* im Längsschnitt. In den Zellen *a* und *b* dieses Gefäßes hat sich die Hautschicht zusammengezogen, der Zellkern ist sehr deutlich; *c* ist ohne Inhalt gezeichnet, *x* die Scheidewand, welche aus zwei Platten besteht, was oftmals sichtbar wird, *y* die das Gefäß umgrenzenden Zellen. (Vergrößerung 100mal.)

später durch geeignete chemische Mittel in die Zellen, aus denen sie entstanden sind, zerlegen, sie gehören deshalb nicht zu den Zellenverschmelzungen (Zellenfusionen).

Allein nicht immer erscheint die Querwand der luftführenden Gefäßzellen von einem runden Loch durchbrochen, vielfach findet man
Fig. 29. **Fig. 30.**



auch mehrere spaltenförmige, waagrecht gestellte und bei Ephedra und Rhizophora mehrere runde Löcher in der schief gestellten Querwand. Die spaltenförmigen Löcher werden leiterförmig durchbrochene Scheidewände genannt (bei den Tüpfelgefäßen von Corylus, Clethra, Vaccinium (Fig. 29). Nicht selten bilden sich auch die beiden Enden einer Gefäßzelle, der Holzzelle ähnlich, aus, wie dies am ausgezeichnetsten im Holz der Moquilea vorkommt (Fig. 30). Hier zeigt sich gleichzeitig auch die Abhängigkeit der Verdickungsformen der Gefäßzelle von ihren Nachbarzellen. — Die Stellung der Gefäßzellen, ihre Weite und ihr Bau ist für das Gefäßbündel der verschiedenen Gewächse charakteristisch. Die alten luftführenden Gefäße einiger Pflanzen füllen sich häufig mit einem parenchymatischen Gewebe, welches ursprünglich vom Holzparenchym aus durch die Tüpfel in dieselben hineinwächst.

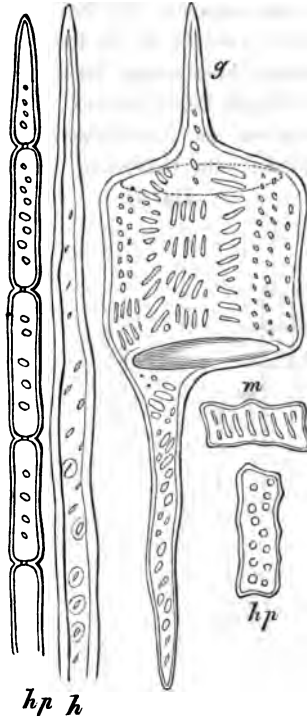


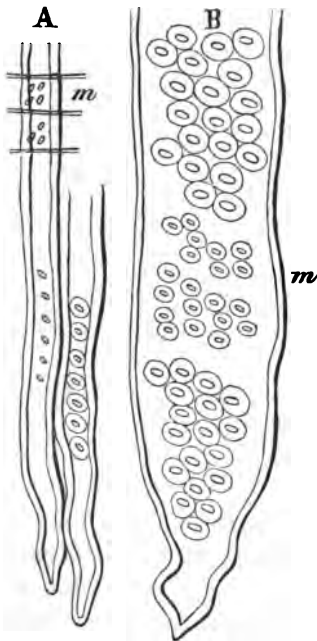
Fig. 29. Partie aus einem radialen Längsschnitt durch das Holz des Haselstrauchs (*Corylus Avellana*). *a* Holzzelle, *b* Gefäßzelle, *c* leiterförmig durchbrochene Querwand derselben, *d* Markstrahlzellen (Vergrößerung 100 mal).

Fig. 30. Aus dem Holz der Moquilea (*el Cauto*) durch Maceration isolierte Zellen. *g* Gefäßzelle, *h* Holzzelle, *hp* Holzparenchym. *m* Markstrahlzelle. Die Verdickungsweise der Gefäßzelle ist hier nach der Verdickungsart der angrenzenden Zellen verschieden (Vergrößerung 200 mal).

Das Holzgewebe.

§. 22. Das eigentliche Holzgewebe des Gefäßbündels, die Holzzellen und das Holzparenchym, bilden sich aus den langgestreckten senkrechten Cambiumzellen des Gefäßbündels (p. 33). Wenn sich die Zelle, ohne Tochterzellen zu erzeugen, nur etwas verlängert und mit spitzen Enden zwischen ihre Nachbarzellen schiebt, so erhalten wir die Holzzelle, welche in der Regel ziemlich stark verdickt und mit Ausnahme einiger krautartiger Pflanzen fast immer verholzt ist, desgleichen in der Regel Tüpfel besitzt. Die weitesten und längsten Holzzellen finden sich bei den Nadelhölzern und Cycadeen, deren Holz keine Gefäße enthält, die Holzzellen der Wurzel sind außerdem viel weiter (oft

Fig. 31.



4mal so weit als die Holzzellen des Stammes und haben deshalb, wenn die Holzzelle des letzteren nur eine Tüpfelreihe zeigt, deren 3—4 (bei allen Nadelhölzern) (Fig. 31). Holzzellen mit Tüpfel und Spiralband finden wir bei *Taxus*, *Vitis* und *Visnea Mocanera*. — Die Holzzellen führen mit seltenen Ausnahmen (*Boehmeria rubra*) weder Stärkmehl noch andere Kohlenhydrate, sie verlieren, gleich den Gefäßen, früher als die anderen Zellen des Gefäßbündels ihren Saft, dienen aber wie diese wahrscheinlich für eine Zeit lang dem aufsteigenden Saftstrom. Getüpfelte Holzzellen kenne ich bei den Monocotyledonen nur bei *Dracaena*, wo sie in dem Theile des Stammes vorkommen, welcher nach beendigter Verlängerung durch den Verdickungsring entstanden ist, indem sie hier die fehlenden Gefäße ersetzen.

Bei den Kryptogamen aber sind keine eigentlichen Holzzellen vorhanden. — Wenn dagegen die junge Holzzelle bald nach ihrem Entstehen Tochterzellen bildet, so wird sie zur Mutterzelle für das Holzparenchym und geht entweder bei der Ausbildung des letzteren unter oder

Fig. 31, *Araucaria brasiliensis*. A Isolierte Holzzellen aus dem Stamm. B Isolierte Holzzellen aus der Wurzel desselben Baumes, m der Ort, wo die Markstrahlzellen die Holzzellen berührten (Vergrößerung 200mal).

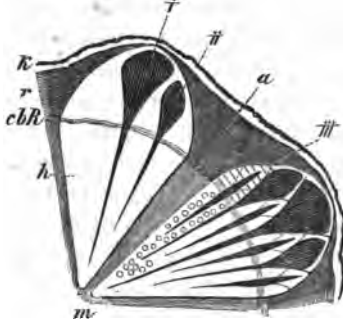
bleibt als Umhüllung ihrer Tochterzellen zurück (*Vitis vinifera*). Das Holzparenchym unterscheidet sich deshalb von den Holzzellen durch seine kürzeren Zellen, deren Querwände, mit Ausnahme der beiden Endzellen, wagerecht liegen (Fig. 30. p. 45), ferner durch die geringere Verdickung seiner Wände und namentlich durch seinen Inhalt, der in der Regel aus Stärkmehl besteht, welches zur Herbstzeit als Reservestoff in den Zellen des Holzparenchyms und der Markstrahlen angehäuft wird. Ähnlich entstandene Zellen im Holz derjenigen Nadelhölzer, welche keine Harzgänge besitzen (*Cupressineen* und *Taxineen*), sind mit Harz erfüllt. Das Holzparenchym erscheint nach den Pflanzen vereinzelt oder gruppen- und bündelweise im Holz der Dicotyledonen, es fehlt keinem Laubholz, ist aber bei einigen Pflanzen nur sparsam vertreten. Dasselbe behält seinen Zellsaft viel länger als die Holzzellen, und bildet gewissermaßen das Zwischenglied des Parenchyms zu den letzteren.

Die Markstrahlzellen des Holzes der dicotyledonen Pflanzen entstehen aus den Cambiumzellen des Verdickungsringes, d. h. aus Cambiumzellen, die nicht dem Gefäßbündel angehören; und in derselben Weise bilden sich auch die Parenchymzellen zwischen den Gefäßbündeln der Monocotyledonen aus den Cambiumzellen des Verdickungsringes. Die Markstrahlen gehören deshalb nicht zum Gefäßbündel, sie bilden vielmehr das Parenchym, welches die Maschen zwischen denselben ausfüllt, und in gleicher Anordnung in der secundären Rinde wiederkehrt. Bei den dicotyledonen Gewächsen ist die Anordnung der Markstrahlen durch die Fortbildungsweise der Gefäßbündel geregelt, deshalb schreibt man eigentlich nur ihnen Markstrahlen zu, ob schon das Parenchymgewebe, welches seitlich die sogenannten zerstreuten, d. h. einzeln in sich abgeschlossenen, Gefäßbündel der Monocotyledonen von einander trennt, seiner Entwicklungsweise und Function nach von den primären Markstrahlen nicht verschieden ist. Unter primäre Markstrahlen versteht man bei den Dicotyledonen das die primären Gefäßbündel von einander trennende Parenchym, welches eine Verbindung des Markes mit der primären Rinde darstellt, die secundären Markstrahlen sind dagegen durch seitliche radiale Theilung des primären Gefäßbündels entstanden, sie erreichen deshalb weder das Mark noch die primäre Rinde, endigen vielmehr im primären Bündel selbst, und zwar läßt sich aus der zunehmenden Entfernung vom Marke ihr Alter bestimmen (Fig. 32).

Die Markstrahlen des Holzes sind in der Regel ziemlich dickwandig, mit verschiedenen Verdickungsformen und dazu meistens verholzt, sie behalten ihren Saft mehrere oder viele Jahre und bilden

fast in allen Fällen zur Herbstzeit Reservestoffe, namentlich Stärkmehl, enthalten auch häufig Krystalle. Sie dienen dem wagerechten

Fig. 32.



Saftstrom vom Marke oder von den inneren Theilen des Holzes zur Rinde. Nach dem Quer- und Tangentiallängsschnitt kann man zwei Formen der Markstrahlen, schmale (Fig. 33) und breite, außerdem lange und kurze Markstrahlen unterscheiden. Sind die breiten Markstrahlen zugleich kurz, so muß der Verlauf der Holzbündel um selbige ein geschlungener sein (Fig. 34). Einige Pflanzen (*Quercus*,

Fig. 33.

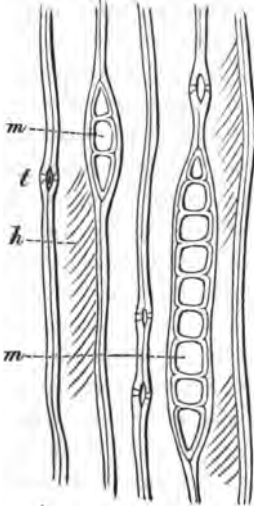


Fig. 34.

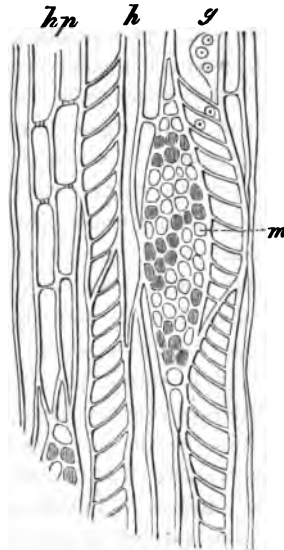


Fig. 32. Theil eines Querschnittes aus dem Rhizom von *Cissus verrucosa* (der Nährpflanze für *Rafflesia Patma*). *a* ein primärer Markstrahl, *cbR* der Verdickungs- oder Cambiumring, *h* der Holzkörper des Gefäßbündels, *k* die Korkschicht der Rinde, *r* die secundäre Rinde, in welcher der äußere Theil der Gefäßbündel liegt. *u* secundärer Markstrahl erster Ordnung, *u* zweiter Ordnung, *m* dritter Ordnung. — So lange der äußere Theil der Rinde nicht durch Borkenbildung abgeworfen wird, bleiben die ursprünglichen Gefäßbündel, wie bei *Tilia*, auch in der Rinde erkennbar (Vergrößerung 3 mal).

Fig. 33. Tangential-Längsschnitt durch das Holz von *Pinus Picea*. *h* Holz-
zelle, *m* Markstrahl, *t* Tüpfel (Vergrößerung 200 mal).

Fagus) besitzen zweierlei, breite und schmale, Markstrahlen, bei anderen laufen die breiten Markstrahlen an beiden Enden mit einer Reihe langer schmaler Zellen aus, so daß auf dem Querschnitt scheinbar zweierlei Markstrahlen vorkommen (*Cinchona*).

Das Bastgewebe.

§. 23. Das Bastgewebe des Gefäßsbündels ist wieder bei den Dicotyledonen am schärfsten ausgeprägt, es erscheint hier zunächst in dem durch den Verdickungsring nachgebildeten Theile der Rinde, in der secundären Rinde, und in beschränkterem Maße im Marke, bildet sich aber nur nach der Rindenseite und zwar durch den Verdickungsring weiter. Bei den Monocotyledonen kann man denjenigen Theil des einzelnen Gefäßsbündels, welcher der Rinde zugewendet liegt und bei den Palmen in der Regel aus langgestreckten dickwandigen und verholzten Zellen besteht, als Basttheil des Bündels betrachten; bei den Kryptogamen aber kann man nicht wohl eigentliche Bastzellen annehmen. Das kryptogame Gefäßsbündel läßt demnach nur Cambium und Gefäßszellen unterscheiden, die verholzten Zellen aber, welche dasselbe häufig umgrenzen, gehören nicht mehr dem Bündel, sondern dem Parenchym der Pflanze.

Die eigentliche Bastzelle der Dicotyledonen entsteht nun entweder direct oder indirect aus einer Cambiumzelle, auch scheint es als ob mehrere über einander stehende Cambiumzellen, mit einander frühzeitig an ihren Berührungspunkten verschmelzend, die sehr langen Bastzellen, welche ihre Mutterzelle oftmals an Länge 10—12 mal übertreffen, bilden. Die Bastzellen besitzen, gleich allen Zellenarten des Bastgewebes, niemals Tüpfel, sie sind in der Regel stark verdickt (Fig. 35) und häufig verholzt; ihre Länge ist sehr verschieden, kurz bei *Coffea*, sehr lang bei *Linum*, *Cannabis* und bei allen denjenigen Gewächsen, deren Bastzellen technische Bedeutung haben. Zahlreiche Porencanäle durchsetzen die Wand der verdickten Bastzellen, die, wenn sie nicht verholzen, lange ihren Saft behalten und in der Regel körnige Stoffe, seltener Stärkmehl und Blattgrün, führen und wahrscheinlich dem Saftstrom in absteigender Richtung dienen. Die Bastzellen verzweigen sich nicht gar selten.

Mit den eigentlichen Bastzellen am nächsten verwandt sind die Milchsaftgefäße, welche entweder als Milchsaft führende einfache Bastzellen auftreten (*Vinca*, *Apocynum*) oder, sich mehrfach verzwei-

Fig. 34. Tangential-Längsschnitt durch das Holz von *Vaccinium padifolium*. *g* Getüpfeltes Gefäß mit Spiralband, *h* Holzzellen, *hp* Holzparenchym, *m* Markstrahl (Vergrößerung 200 mal).

Schacht, Grundriss.

gend, das Gefäßbündel begleiten (*Euphorbia*, *Chelidonium*, *Ficus*) und alsdann häufig im Stamm einfach, in den Blättern aber verzweigt sind, oder endlich unter sich zahlreiche Anastomosen bilden und so ein zusammenhängendes System von Milchsaftegefäßen durch die ganze Pflanze darstellen (*Carica Papaya* [Fig. 36] und die *Cichoraceen*). Für

Fig. 35.



Fig. 36.



diese Art der Milchsaftegefäße ist die Entstehung aus zahllosen, mit einander verschmolzenen, Zellen mit Sicherheit nachgewiesen. Die Milchsaftegefäße können schwach verdickt (*Chelidonium*), aber auch

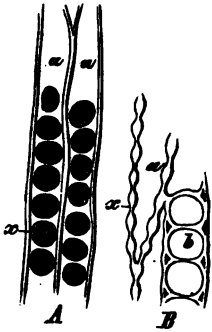
Fig. 35. Isolierte Zellen. *a* Ein Baumwollenhaar, *b* eine Bastzelle aus der Leinpflanze, *c* eine solche aus der Hanfpflanze, *d* u. *e* Bastzellen als Querschnitte. (Vergrößerung 200mal).

Fig. 36. Partie aus dem Milchsaftegefäßsystem der Frucht von *Carica Papaya*, isolirt; *a* die parallel mit den übrigen Zellen des Gefäßbündels verlaufenden Stämme, *d* blinde Endigungen, *b* und *c* sehr zarte Zweige des Systems, welche in den Interzellulargängen des Parenchyms verlaufen. (Vergrößerung 200mal).

mit stark verdickten Wandungen auftreten (*Euphorbia canariensis* und *balsamifera*), erscheinen dagegen niemals verholzt. Sie liegen in der Regel im Mark und in der Rinde, bei *Carica* aber im Holztheile des Bündels, was an *Viscum album* erinnert, wo die eigentlichen Holzzellen durch Bastzellen vertreten werden.

Die Siebröhren oder Gitterzellen sind langgestreckte Zellen des Basttheils der Gefäßbündel, welche in der Weise ihrer Anordnung zu einander und in der Art der Verdickung ihrer Querwand an die Gefäße im Holztheil erinnern und auch deren Analoga für die Rinde zu sein scheinen. Statt der Tüpfel haben dieselben bei den Nadelhölzern weite, kreisförmige, von Oben gesehen, dem Tüpfel gleichende

Fig. 37.



Porencanäle, deren Grund mit zahlreichen punktartigen Poren übersät ist (Fig. 37). Bei anderen Pflanzen (*Bignonia*) zeigen sie leiterförmige Verdickungen der Querwände, zwischen welchen der Grund der Porencanäle wieder mit punktförmigen Poren versehen ist. Die Siebröhren sind erst in neuester Zeit durch HARTIG bekannt geworden. Wie in den Gefäßen scheinen auch in den Siebröhren bei einigen Pflanzen späterhin Tochterzellen zu entstehen, welche sich in der Regel ganz anders als ihre Mutterzellen verhalten, indem ihre Wandung sich

stärker verdickt und überdies noch verholzt. Ich habe dieselben, ehe ich die Siebröhren kannte, als secundäre Bastzellen bezeichnet (bei *Abies pectinata*, wo sie sich später verzweigen und unregelmäßige Formen bilden [Fig. 18. p. 24] und bei *Picea vulgaris*, wo sie als mehr cubische Zellen auftreten).

Das Bastparenchym, in ähnlicher Weise wie das Holzparenchym durch Bildung von Tochterzellen in einer jugendlichen Bastzelle entstanden, entspricht dem Rindenparenchym im Allgemeinen und unterscheidet sich zunächst durch seine reihenweise Anordnung von demselben, es führt auch dieselben Stoffe (Reservestoffe), desgleichen gar nicht selten Blattgrün.

Die Markstrahlzellen des Bastgewebes der Dicotyledonen endlich sind die wirklichen Parenchymzellen der secundären, durch den

Fig. 37. *A* Theil zweier Siebröhren von *Larix europaea* (*a, a*), welche durch Maceration isolirt wurden. *x* die Siebpore, welche, wie *B*, eine Partie des tangentialen Längsschnittes, zeigt, einer wirklichen Pore entspricht, indem sie keinen Tüpfelraum, dagegen auf der schon verdünnten kreisförmigen Fläche (*x*) noch zahlreiche sehr feine Sporen besitzt, *a* Siebröhre, *b* Markstrahlzelle (Vergrößerung 150mal).

Verdickungsring nachgebildeten, Rinde und verhalten sich auch ganz wie Parenchymzellen, sie sind in der Regel ursprünglich schwach verdickt, verdicken sich und verholzen dagegen späterhin bei vielen Bäumen sehr bedeutend. — Im Basttheil der Dicotyledonen kehren somit dieselben Elemente wieder, die wir im Holztheil der Gefäßsbündel gefunden, nämlich 1. für die Gefäßzellen die Siebröhren, 2. für die Holzzellen die Bastzellen und 3. für das Holzparenchym das Bastparenchym.

Die Bastzellen können vereinzelt, aber auch in Bündeln (*Linum*, *Cannabis*) und concentrischen Bändern (*Araucaria*, *Cupressineae*, *Taxineae*) auftreten. Sie fehlen den Abietineen und sind dort durch eigenthümlich gebaute Siebröhren ersetzt. Auch kann die Nachbildung der Bastzellen bei einigen Pflanzen beschränkt sein oder gar nach einer gewissen Zeitperiode unterbleiben (*Viscum*). Wo Milchsaftegefäße auftreten, können dieselben ohne (*Euphorbia canariensis*) oder neben wirklichen Bastzellen (*Carica Papaya*) erscheinen. Die chemische Zusammensetzung des Milchsaftes endlich ist nach den Pflanzen verschieden, aber selbst da, wo ein wirkliches Milchsaftegefäßssystem vorhanden ist, läßt sich eine selbstständige Circulation des Saftes in ihm nicht erkennen.

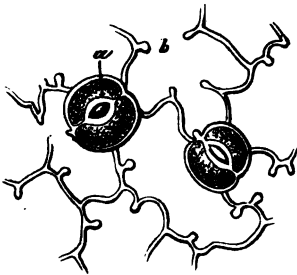
Die Oberhaut.

§. 24. Die Oberhaut der Gewächse bildet die äußere, aus Zellen bestehende Schicht der Pflanze; sie fehlt den Pilzen, Flechten und Algen, erscheint zuerst am Stamm der Laub- und Lebermoose und bildet von da ab die äußere Grenze aller jugendlichen, aus mehreren Zellenschichten bestehende Pflanzentheile. Sie geht direct aus dem Urparenchym hervor und kann sich deshalb nicht erneuern, sondern wird, wenn sie früher oder später abstirbt, oder sonst wie verloren geht, durch Korkbildung ersetzt. Man unterscheidet 3 Arten der Oberhaut. Die eigentliche Epidermis für die Oberfläche aller frei an der Luft lebenden, nicht stark secernirenden, Pflanzentheile, das Epithelium, für die innere Oberfläche aller Hohlräume und für die stark secernirende Oberfläche der frei in der Luft befindlichen Pflanzentheile und drittens das Epiblemma für die Oberfläche der Wurzeln. Nur die Epidermis hat Spaltöffnungen, sie allein bildet Cuticularschichten und beschränkt durch selbige die Verdunstung der freien Oberfläche, sie trägt auch die verschiedensten Formen der Haare und unterscheidet sich von dem Epithelium durch ihre derbere Beschaffenheit. Doch ist die Epidermis wieder nach den Pflanzenarten selbst sehr verschieden gebaut, hier zartwandig und dort dickwandig, hier ohne (Fig. 22. p. 80)

und dort mit Cuticularschichten (Fig. 24. p. 31), desgleichen ist die Ausbildung der eigentlichen Cuticula über ihr sehr verschieden. Wo Cuticularschichten auftreten, ist die äußere Wand der Zelle immer viel stärker verdickt als die innere. Auch nimmt die Epidermis nicht selten Kieselsäure auf und bleibt dann beim Verbrennen als Kieselskelet zurück (Blätter von *Moquilea* und *Petraca*, Stamm und Blätter der Gramineen u. s. w.). Man kann regelmäßige und unregelmäßige Formen der Epidermis unterscheiden, ferner ist die Gestalt der Oberhautzellen desselben Blattes für beide Seiten häufig nicht dieselbe. Das Epithelium dagegen ist immer zartwandig; es findet sich im Innern der Fruchtknotenöhle, bildet ferner das leitende Gewebe im Staubwegcanal und die Oberfläche der Narbe der phanerogamen Gewächse u. s. w. Die Gestalt seiner Zellen ist danach, wie bei der Epidermis sehr verschieden. Das Epiblemma endlich gehört nur der Wurzel und, wenn man will, den im Wasser lebenden Theilen einer Pflanze; es ist in der Regel etwas derbwandiger als das Epithelium und dient nicht wie dieses zunächst der Secretion, kann aber wie alle Arten der Oberhaut haarartige Verlängerungen, die Wurzelhaare, aussenden; es ist nur von einer sehr zarten Cuticula bedeckt.

Die Spaltöffnungen der Oberhaut.

§. 25. Die Spaltöffnungen gehören allein der Epidermis, sie bestehen aus zwei neben einander liegenden Zellen, welche, in der Mitte nicht verbunden, eine engere oder weitere Spalte zwischen sich lassen (Fig. 38), deren Weite überdies noch



von dem Grade der Turgescenz des Gewebes abhängt und deshalb nicht zu allen Zeiten dieselbe ist. Sie gehören zum Athmungsapparat der Pflanze.

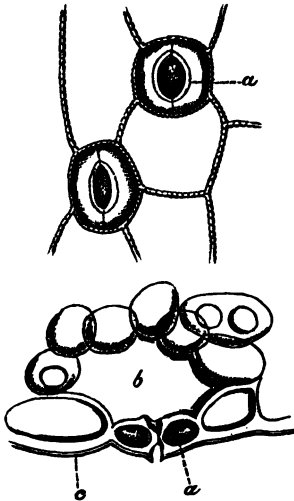
Die beiden Spaltöffnungszellen entstehen frühzeitig als Tochterzellen innerhalb einer Mutterzelle und unter ihnen

bildet sich, wenn ein dichtes Gewebe vorhanden ist, durch die Art der Zellanordnung ein größerer oder kleinerer mit Luft erfüllter Raum, die sogenannte Athemhöhle (Fig. 39), in welche die luftgefüllten Inter-cellulargänge des Blatt- oder Rindenparenchyms ausmünden. — Das Vorkommen der Spaltöffnungen ist nun nach den Pflanzen sehr verschieden. Alle im Wasser wachsenden Theile besitzen eine Oberhaut

Fig. 38. Partie der Oberhaut von *Helleborus*. a Eine Spaltöffnungszelle, b eine Zelle der Oberhaut (Vergrößerung 200 mal).

ohne Spaltöffnungen; bei den Laubblättern überhaupt und den ihnen am nächsten stehenden Blattorganen der Blüthe, den Kelchblättern, erscheinen sie in der Regel nur an einer und zwar meistens an der

Fig. 39.



Unterseite, bei *Juniperus communis* und an denjenigen Samenlappen, welche sich in den ersten Lebensstadien der Keimpflanze von dem Sameneiweiss ernähren, dagegen an der Oberseite; sie sind auch den grünen Rindentheilen der höheren Pflanze mehr oder weniger eigen, fehlen dagegen noch den Lebermoosen, mit einziger Ausnahme der schotenförmigen Frucht von *Anthoceros*. Ihre Stellung zwischen oder unter die Oberhautzellen ist nach den Pflanzen sehr verschieden; sie erscheinen z. B. in parallelen Reihen zwischen Abtheilungen der Oberhaut, denen dieselben fehlen (bei vielen Monocotyledonen und den Nadeln der Abietineen) oder gruppenweise und zwar bisweilen in gruben-

förmigen Vertiefungen (bei *Nerium*) oder ohne bestimmte Regel vertheilt (bei der Mehrzahl der Pflanzen). *Monotropa* und *Epipogon Gmelini* besitzen, gleich den ganz im Wasser lebenden Gewächsen, keine Spaltöffnungen.

Die sogenannten Spaltöffnungen der Oberseite des Laubes der Marchantieen sind eigentlich kaum mit den hier besprochenen Organen zu vergleichen, es sind vielmehr kugelige, nach oben in verschiedener Weise geöffnete Höhlungen in einer lockeren, luftführenden Gewebeschicht der Oberseite des Laubes, deren Grund bei einigen Gattungen (*Fegatella*) von einem eigenthümlichen papillösen Epithelium umkleidet ist. Die beiden Schlufszellen der eigentlichen Spaltöffnung fehlen hier durchaus und ebenso die Athemböhle; ich glaube man dürfte diese Organe richtiger für Secretions- als für Athmungs-Apparate ansprechen.

Die Nebenorgane der Oberhaut.

§. 26. Als solche bezeichnet man die Haare, Schuppen, Drüsen und Stacheln. Die Haare (*Pili*) sind ver-

Fig. 39. Oberhaut der unteren Seite vom Blatte der Bockssorchis (*Himantoglossum*) von Oben und als Querschnitt gesehen, *a* die Spaltöffnung, *b* die Athemböhle unter ihr, *c* eine Oberhautzelle (Vergrößerung 200 mal).

längerte Zellen der Oberhaut und als solche von einer wahren Cuticula bekleidet. Für das Epithelium und das Epiblema sind sie in der Regel zartwandig und immer einzellig, die Haare der Epidermis dagegen sind nicht selten dickwandig und oftmals aus mehreren oder vielen Zellen zusammengesetzt. Für die Epidermis unterscheidet man

Fig. 40.



1. einfache und einzellige Haare (*Oenothera* (Fig. 7. p. 11), 2. einzellige aber verzweigte Haare (bei *Alyssum*, *Matthiola*, in den Luftgängen der *Nymphaeaceen* (Fig. 40), welche viel seltener sind), 3. mehrzellige, nicht verzweigte Haare (bei *Solanum tuberosum*, *Epipactis*, *Cephalanthera*), 4. mehrzellige und verzweigte Haare (bei einigen *Solanum*-Arten, aber nicht häufig). Die sogenannten Drüsenhaare gehören unter 3, indem sie auf einem aus einer oder aus mehreren Zellen bestehenden Stiele ein aus mehreren Zellen gebildetes, meistens kugeliges Köpfchen tragen (bei *Solanum tuberosum*).

Sehr häufig sind bei derselben Pflanze mehrere Formen der Haare vertreten (*Mimosa pudica*, *Solanum tuberosum*).

Die Baumwolle gehört wohl zu den längsten einzelligen Haargebilden, sie ist der Oberhaut der Samenschale der *Gossypium*-Arten eigen. Die Brennhaare der *Urticeen* sind gleichfalls einzellige Haare (Fig. 41), welche jedoch meistens auf einem aus vielen Zellen bestehenden Sockel ruhen und mit einer kugelförmigen, glasartig spröden, Spitze endigen, welche, bei leiser Berührung abbrechend, einen Erguß des scharfen Zellsaftes zur Folge hat.

Die eigenthümlichen Haare der *Pinguicula* (Fig. 42) bilden gewissermaßen den Uebergang vom Haar zu der Schuppe (*Lepis*), welche aus einer kürzeren Stielzelle und einer größeren, meistens complicirter gebauten, Scheibe besteht (*Tillandsia*, *Ananassa*, *Hechtia*, *Elaeagnus*). Die Drüsen (*Glandulae*) aber unterscheiden sich wieder von den Schuppen zunächst durch ihr Secretionsvermögen, indem sie nach der Pflanze Flüssigkeiten verschiedener Art ausschwitzen (*Betula alba* [Fig. 43], *Alnus glutinosa*). Die Borsten (*Setae*) sind dickwandige und verholzte Haare (bei *Papaver Argemone* und *P. hybridum*) und die Stacheln (*Aculei*) endlich bestehen aus einem Complex dick-

Fig. 40. Ein sternförmiges Haar aus dem Blattstiel von *Nuphar luteum*, welches in zwei benachbarte Luftcanäle hineinragt (Vergrößerung 100mal).

wandiger verholzter Zellen, welche mit den unter der Oberhaut liegenden Geweben in keinem Zusammenhange stehen und von ihrem Grunde aus fortwachsen, sich deshalb mit der Oberhaut leicht und

Fig. 41.

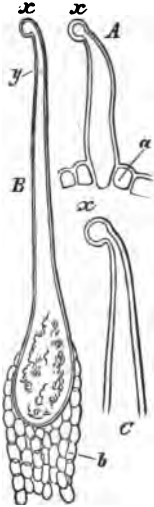


Fig. 42.

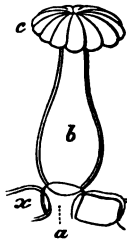
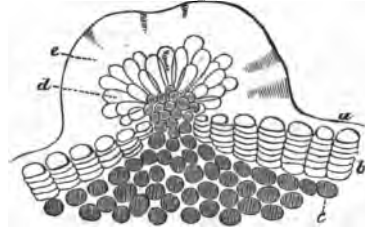


Fig. 43.



glatt vom Zweige trennen (*Rosa*, *Rubus*, *Bombax*). Die Dornen (*Spinae*) dagegen sind Achsengebilde, welche durch Gefäßbündel mit dem Holzring in directer Verbindung stehen.

Der Kork.

§. 27. Der Kork (*Suber*) ist zunächst eine Bildung an der Oberfläche der Pflanzen (p. 34). Er findet sich niemals ursprünglich, sondern entsteht erst in oder unter der Oberhaut, welche bei seiner Bildung abstirbt und durch ihn ersetzt wird. Derselbe bildet außerdem das Vernarbungsgewebe der Pflanzen, indem sowohl äußere Ver-

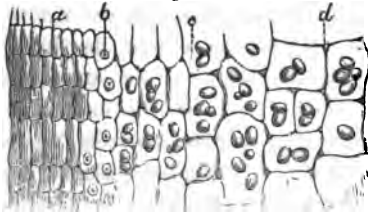
Fig. 41. *A* Ein ganz junges Brennhaar der Nessel. *a* Die Zellen der Oberhaut, *x* der Knopf des Brennhaars. *B* Ein fertiges Brennhaar derselben Pflanze, *b* das aus vielen Zellen bestehende Basalgewebe des Brennhaars. *C* Die Spitze eines solchen (*A* 200 mal, *B* 25 mal, *C* 150 mal vergrößert).

Fig. 42. Ein Haar des Blattes von *Pinguicula vulgaris*. *a* Die Basalzelle des Haares, *b* deren Stielzelle, *c* der schirmförmige, aus vielen Zellen bestehende Knopf, *x* Zelle der Oberhaut (Vergrößerung 100 mal).

Fig. 43. Querschnitt durch den äußersten Theil eines ganz jungen Birkenzweiges. *a* Die Oberhautzellen, *b* eine unter denselben gelegene Korkschicht, *c* collenchymartiges Rindengewebe, *d* die Papillen der Drüse, welche das feste Harz (*e*) ausgeschieden haben (Vergrößerung 100 mal).

letzungen als auch innere Erkrankungen (bei der Trockenfäule der Kartoffeln) durch ihn vernarben oder im Weiterschreiten gehemmt werden. Alle überhaupt Zellen bildende Gewebe-Arten scheinen auch fähig Korkzellen zu erzeugen. Die physiologische Bedeutung desselben ist an der Oberfläche der Pflanze die Verminderung der Verdunstung

Fig. 44.



und im Innern derselben die Absperrung des Saftaustausches. Alle saftführenden Theile einer Pflanze, welche außerhalb einer Korkschicht liegen, vertrocknen allmählig (die Borkenbildung der Rinde, das Absterben der Blätter im Herbst).

Der Kork hat im Allgemeinen flache,

tafelförmige Zellen, welche frühe absterben, während er sich in der Regel schichtenweise fortbildet (Fig. 44). Man kann zwei Arten desselben unterscheiden: 1. den gemeinen Kork (*Suber*) mit schwach verdickten Zellen (*Quercus Suber*, *Acer campestre*) und 2. den Lederkork (*Periderma*), welcher aus stärker verdickten Zellen besteht und deshalb fester und dehnbarer Structur ist, aber meistens in abwechselnd dünnwandigen und dickwandigen Schichten fortwächst (*Abies pectinata*, *Betula alba*, die Wurzel der *Opuntia Ficus indica*). Die Wand der Korkzellen besteht ursprünglich aus Zellstoff, welcher aber mehr und mehr aus ihnen verschwindet, so daß sich zuletzt fast reiner Korkstoff findet. Die Schicht, in welcher sich der Kork fortbildet, kann als Korkcambium bezeichnet werden. Im Periderma der Kiefer findet man nicht selten schön ausgebildete Krystalle, dagegen erzeugt der Kork, soweit mir bekannt, niemals Reservestoffe und Blattgrün; seine Zellen sind von sehr kurzer Lebensdauer, sie wirken zunächst durch das Verschwinden ihres Saftes absperrend. — Als Vernarbungsgewebe wird der Kork für die Pflanze sehr wichtig, indem unter seinem Schutz ein Ausheilen der Wunde erfolgt.

Die Lenticellen oder Korkwarzen der Rinde sind kleine in oder unter der Oberhaut entstandene Korkgruppen, welche bald über dieselbe hervortreten und meistens noch eine Zeit lang vom Grunde aus fortwachsen (bei *Sambucus* und *Cornus*).

Fig. 44. Längsschnitt durch das Rindengewebe einer jungen Kartoffelknolle. *a* Der Kork, *b* die Zellen, durch welche sich derselbe fortbildet, *c* Nahrungsgewebe mit Stärkemehlkörnern erfüllt, *d* Intercellularraum (Vergrößerung 50 mal).

VII. Der Verdickungs- oder Cambiumring.

§. 28. Der Verdickungsring (*Annulus cambialis*), auch Cambiummantel (KARSTEN) genannt, ist ein ausschließlich der Zellenbildung dienendes Gewebe im Stamm und in der Wurzel der höher entwickelten Pflanzen. Derselbe findet sich schon in der Achse des Keimes der Dicotyledonen als cylindrische Zone, welche das Mark (den inneren Theil der Achse) von der Rinde (dem äußeren Theile derselben) trennt, sich selbst aber unter dem Vegetationskegel der Stammknospe (*Plumula*) und der Wurzelknospe (*Radicula*) in das Urparenchym verliert. Durch ihn wachsen der Stamm und die Wurzel im Umkreis, indem sich nach beiden Seiten, nach dem Mark sowohl als auch nach der Rinde, neue Zellen bilden. Die ersten Gefäßbündel entstehen gleichfalls an der inneren Seite des Verdickungsringes und bilden sich mit und durch ihn, jedoch in verschiedener Weise, weiter.

Bei *Isoëtes* wirkt der Verdickungsring nur einseitig, indem er nur Rinde erzeugt, bei den Monocotyledonen ist er mehr nach der inneren Seite, bei den Dicotyledonen im Allgemeinen aber nach beiden Seiten thätig. Die durch ihn entstandene Rinde wird secundäre Rinde, als Gegensatz zu der von seinem Auftreten unabhängigen primären Rinde, genannt. Bei *Sphagnum* erscheint der Verdickungsring zuerst, während er dem Stamm der übrigen Leber- und Laubmoose fehlt, seine Thätigkeit ist aber bei den Kryptogamen überhaupt sehr beschränkt und endigt mit der Ausbildung der in ihm entstandenen Gefäßbündel. Der kryptogame Stamm verdickt sich deshalb späterhin nicht mehr und seine Gefäßbündel bleiben wie sie waren. Bei den Monocotyledonen dagegen ist die Thätigkeit des Cambiumringes im Stamm schon weniger beschränkt und in vielen Fällen (*Dracaena*, *Pandanus*, *Yucca*, *Phönix*) unbegrenzt. Die Gefäßbündel vermehren sich in diesem Falle durch Theilung, welche innerhalb des Verdickungsringes vor sich geht, so daß sich mit der Dickenzunahme des Stammes auch die Zahl der in sich abgeschlossenen Gefäßbündel und zwar an der inneren Seite des Verdickungsringes vermehrt (Fig. 45). Die Verdickung der monocotyledonen Wurzel dagegen ist mit wenigen Ausnahmen (*Dracaena*, *Pandanus*) früher beschränkt, weshalb hier eine Vermehrung der Gefäßbündel im Umkreis der zuerst entstandenen, wie im Stamm, nicht statt hat. Bei den Dicotyledonen endlich ist sowohl im Stamm als auch in der Wurzel die Fortdauer des Ver-

dickungsrings unbegrenzt und mit ihm auch eine unbegrenzte Fortbildung der Gefäßsbündel gestattet. Da hier nun das Cambium der letzteren mit dem Cambium des Verdickungsrings zusammenfällt, so wird das Gefäßsbündel der Dicotyledonen in einen inneren und einen äußeren Theil zerlegt. Der innere, nach dem Mark gelegene Theil enthält die Gefäße und Holzzellen, man nennt ihn den Holztheil des Gefäßsbündels, der äußere dagegen, welcher der secundären Rinde angehört, enthält die Siebröhren und Bastzellen und wird der Basttheil des Bündels genannt. Beide Theile wachsen nun mit und durch den Verdickungsring; dabei zerspalten sich seitlich die primären Bündel, wodurch secundäre Markstrahlen (Fig. 32. p. 48) entstehen. Auf diese Weise bildet sich der Holzring der dicotyledonen Pflanzen, welcher bei periodischen Unterbrechungen in der Vegetation Jahresringe (Fig. 46) zeigt.

Fig. 45.

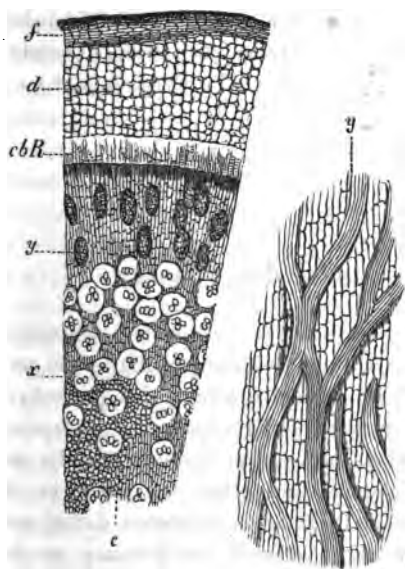


Fig. 46.

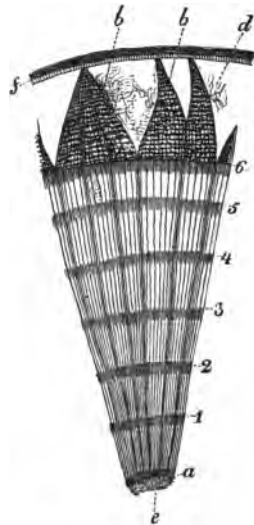
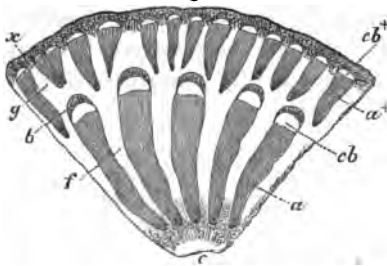


Fig. 45. Quer- und Tangential-Längsschnitt durch den Stamm von *Draecena*. *f* Die Korkschicht, *d* Rindenparenchym, *cbR* Cambiumring, *y* Gefäßsbündel, welche entstanden sind, nachdem das Längswachsthum des Stammes aufgehört hatte, *x* früher entstandene Gefäßsbündel (Vergrößerung 20mal).

Fig. 46. Querschnitt durch den Zweig der Linde. *a* Markscheide, *b* Basttheil der Gefäßsbündel, *d* Nahrungsgewebe der Rinde. Bei *6* die Grenze zwischen Holz und Rinde (Cambiumring), *e* Mark, *f* ursprüngliche (primäre) Rinde. 1—6 Grenzen der Jahresringe (5 mal vergrößert).

Der Cambiumring aus sich kann keine neue Gefäßbündel bilden, aus den ihm eigenthümlichen Zellen entsteht dagegen das Parenchym, welches die in sich abgeschlossenen Gefäßbündel der Monocotyledonen von einander trennt und dem Gewebe der Markstrahlen bei den Dicotyledonen entspricht (Fig. 45. p. 59). — Bei den krautartigen Gewächsen ist der Verdickungsring bisweilen weniger ausgeprägt und deshalb leichter zu übersehen. Er wächst bei allen Pflanzen an der Spitze des Stammes und der Wurzel durch Verlängerung unterhalb des Vegetationskegels und in und mit ihm wachsen auch die Gefäßbündel. Wo

Fig. 47.



der Verdickungsring bei dicotyledonen Gewächsen nur eine bestimmte Zeit thätig ist und sich um den erloschenen ein neuer Verdickungsring bildet, da erhalten wir concentrische, durch Parenchym von einander getrennte Gefäßbündelkreise (bei Beta, Cocculus (Fig. 47), Cycas u. s. w.).

VIII. Die Gefäßbündel der Pflanze.

§. 29. Die Gefäßbündel sind Gruppen bestimmter Zellenarten (Gefäßzellen, Holzzellen, Holzparenchym, Siebröhren, Bastzellen und Bastparenchym), welche, zu einem Bündel vereinigt, das Parenchym der Pflanze durchsetzen und ein durchaus anderes Leben als das letztere führen. Die Gefäßbündel entstehen im Keim an der inneren Seite des Verdickungsringes als Cambiumbündel und gehen als solche in die ersten Blätter hinüber; die ersten Gefäßzellen entstehen darauf entweder schon vor oder meistens erst während der Keimung an der Austrittsstelle des Cambiumbündels in's Blatt. Ihre Fortbildung schreitet von da abwärts in den Stamm und aufwärts in das Blatt allmählig

Fig. 47. Querschnitt durch einen älteren Stamm von *Cocculus laurifolius*. *a* Ein primäres Holzbündel. *cb* das Cambium desselben mit dem Halbkreis von Bastzellen *b*, *a*⁺ ein secundäres Holzbündel mit seinem Cambium *cb*⁺, das nicht von Bastzellen umgrenzt wird, *f* ein primärer Markstrahl, *g* ein Markstrahl zwischen den secundären Bündeln, *c* das Mark, *x* die Rinde.

weiter. Die Gefäßbündel stehen mit einander innerhalb der Pflanze in Verbindung und bilden ein zusammenhängendes System, welches die ganze Pflanze durchzieht. Sie wachsen im Stamm und in der Wurzel durch den Vegetationskegel in die Länge und bilden sich im Umkreis des Stammes durch Hülfe des Verdickungsringes weiter. — Jedes Gefäßbündel besteht anfänglich aus Cambiumzellen, aus welchen sich allmählig in bestimmter Reihenfolge die dem Bündel zukommenden Zellenarten entwickeln. Ein Theil des Cambium bleibt nun in allen Fällen als solches zurück und bildet wahrscheinlich den wesentlichsten Theil des Gefäßbündels. Bei den Kryptogamen liegt dieses Cambium im ausgebildeten Gefäßbündel im Umkreis der Gefäßzellen; bei den Monocotyledonen dagegen erscheint es in der Mitte des Bündels, von Gefäßen und Holz- oder Bastzellen umschlossen; in beiden Fällen bleibt es unverändert, das kryptogame und monocotyledone Gefäßbündel ist deshalb in sich abgeschlossen. Bei den Dicotyledonen liegt das Cambium der Gefäßbündel dagegen im Verdickungsring der Achse, zwischen dem Holz- und dem Basttheil des Bündels, und verändert sich deshalb fortwährend mit dem Verdickungsring, indem es nach Innen den Holztheil, nach Außen den Basttheil seines Bündels vermehrt. Das dicotyledone Gefäßbündel ist deshalb nicht in sich abgeschlossen. Das kryptogame Gefäßbündel vermehrt sich im Stamm und in der Wurzel nicht, das monocotyledone Bündel bildet dagegen, so lange der Verdickungsring thätig ist, in und durch denselben neue Zweige und das dicotyledone Gefäßbündel endlich wächst selbst mit dem Verdickungsring. — Die Gefäßbündel sämtlicher Pflanzen vermehren sich durch Theilung, welche überall nur in einem fortbildungsfähigen Gewebe erfolgen kann. Dieselben erscheinen zuerst bei einigen Leber- und Laubmoosen und sind von da ab durch alle höheren Pflanzen verbreitet; sie sind sicherlich für das Leben derselben sehr wichtig und dienen höchst wahrscheinlich zunächst der Saftcirculation, indem die Gefäße und Holzzellen wahrscheinlich dem aufsteigenden, die Siebröhren und Bastzellen dagegen dem absteigenden Saftstrom gehorchen, während das die Gefäßbündel trennende Parenchym eine wagerechte Saftverbindung unterhält.

Das Gefäßbündel der Kryptogamen.

§. 30. Das Gefäßbündel der Kryptogamen ist in sich abgeschlossen und überdies häufig von einem Ringe verholzter Parenchymzellen umgeben. Einige Moose und Lebermoose haben ein

nur aus Cambium bestehendes Gefäßbündel (Cinclidium, Diplolaena). Das Gefäßbündel der Kryptogamen enthält niemals Holz- und Bastzellen, das Treppengefäß ist die entwickeltste Form seiner Gefäßzellen (bei den Farnkräutern), das eigentliche Tüpfelgefäß fehlt dagegen. Das Cambium umgibt die Gefäßzellen, welche im Centrum des Bündels liegen (Fig. 48). Der Stengel einiger Moose oder Lebermoose und der Stamm der Rhizocarpeen, desgleichen die Wurzel der Gefäßkryptogamen, besitzen ein centrales Gefäßbündelsystem. Bei den Farnkräutern, Lycopodiaceen und Equisetaceen findet sich dagegen im Stamm ein einfacher Gefäßbündelkreis.

Die beblätterten Lebermoose entbehren das Gefäßbündel, welches bei den laubigen Lebermoosen mit einem Mittelnerv als Bündel langgestreckter Zellen auftritt. Bei den Laubmoosen allgemeiner verbreitet fehlt dasselbe bei Sphagnum. Die Gefäßbündel der Farnkräuter bestehen, außer Cambiumzellen, aus Ring-, Spiral- und Treppengefäßen, auch ist das Bündel häufig durch stark verdicktes und verholztes Parenchym umgrenzt. Innerhalb des einfachen Gefäß-

Fig. 48.

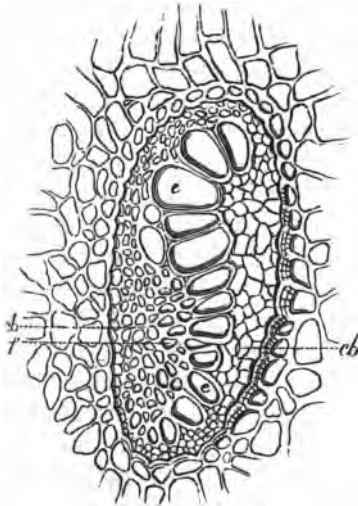


Fig. 49.

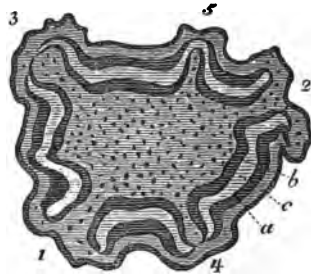


Fig. 48. Querschnitt durch ein Gefäßbündel im Wedel des Adlerfarns (*Pteris aquilina*). *cb* Cambiumzellen, *e* weite Treppengefäße, *f* enge spiralförmig verdickte Gefäße. Das Gefäßbündel wird von stark verdickten und verholzten Zellen umschlossen (Vergrößerung 150 mal).

Fig. 49. Querschnitt eines tropischen Farnstammes. *a* u. *b* Schichten verholzter, sehr fester Zellen, welche das Gefäßbündel (*c*) umgeben. 1 bis 5 die Kissen oder Grundtheile der bereits abgeworfenen Wedel. 1 der höchste, jüngste Wedel, 5 der tiefste, älteste Wedel des gezeichneten Querschnitts. (Natürl. GröÙe).

bündelkreises erscheinen bei einigen baumartigen Farnkräutern noch zahlreiche kleinere Gefäßbündel im Marke zerstreut (Fig. 49). Die Gefäßbündel der Equisetaceen bilden gleichfalls einen einfachen Kreis, hier fehlen die Treppengefäße, dagegen erscheint in jedem Bündel ein centrales weites Spiralgefäß, welches, wie es scheint, später wieder resorbiert wird. Auch bei *Lycopodium* ist ein einfacher Gefäßbündelkreis vorhanden mit Spiral- und Treppengefäßen, *Selaginella* dagegen hat, gleich den *Rhizocarpeen* und *Isoëtes*, ein einziges centrales Gefäßbündel, das bei der erstgenannten Pflanze im Stamm beinahe frei in einem, mit Luft erfüllten, von der Rinde umschlossenen, Cylinderraum liegt.

Die gleich den monocotyledonen Bündeln in sich abgeschlossenen Gefäßbündel der Kryptogamen unterscheiden sich demnach nicht allein anatomisch, sondern auch durch ihre Anordnung im Stamm und in der Wurzel wesentlich von den ersteren, welche im Umkreis der Achse einen Zuwachs haben und sich deshalb mit zunehmender Dicke derselben durch Zweigbildung vermehren, während der kryptogame Gefäßbündelkreis keinen Zuwachs hat und deshalb immer einfach bleibt. Man findet hier entweder ein centrales Bündel oder einen einfachen Gefäßbündelkreis. Das erstere verzweigt sich nur, wenn

Fig. 50.

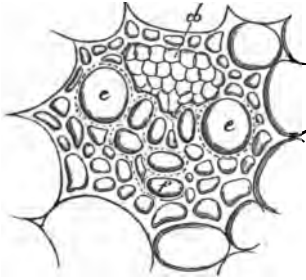


sich die Achse verzweigt oder wenn sich Seitenorgane (Blätter) bilden, der letztere dagegen bildet ein Maschenwerk, das von Parenchym durchsetzt ist (Fig. 50) und dessen Verzweigung auf die Bildung der Seitenorgane beschränkt bleibt. Das Parenchym, welches die Maschen des Gefäßbündelnetzes ausfüllt und das Mark mit der Rinde verbindet, läßt sich mit den primären Markstrahlen der Dicotyledonen vergleichen.

Fig. 50. Das Rhizom von *Struthiopteris germanica*. A Im Längsschnitt, *a* die Rinde eines Wedels, *b* ein durchschnittenen Gefäßbündel, *c* das Innere (Mark) des Stammes, *x* die Vertiefung (die Achselhöhle) über der Basis eines Wedels, B Ein Stamm, dessen Rinde sorgfältig entfernt ist, so daß das Gefäßbündelssystem frei liegt. (Die Bezeichnung hier und in den folgenden Figuren wie oben.) C Ein Querschnitt durch den Stamm. D u. E Querschnitte durch den Wedel, D an der Basis, E höher aufwärts genommen (Vergr. 2mal).

Die Gefäßbündel der Monocotyledonen.

§. 31. Die Gefäßbündel der Monocotyledonen sind, gleich den kryptogamen Gefäßbündeln, in sich abgeschlossen, das
Fig. 51.



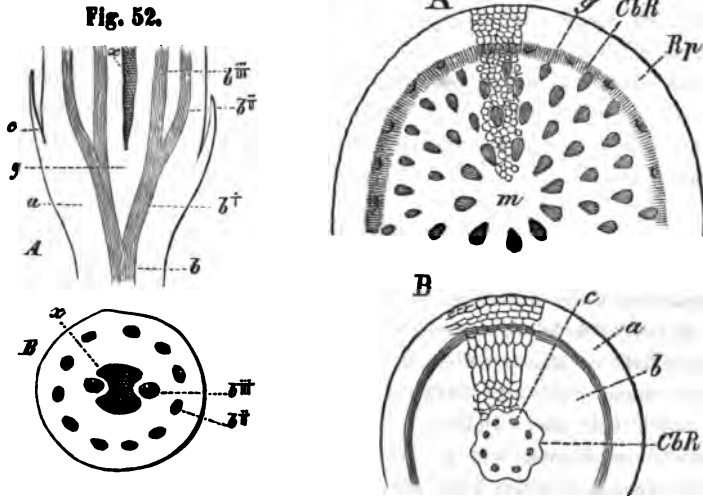
Cambium liegt in der Mitte (Fig. 51), von Gefäßen und Bast- oder Holzzellen umgeben. In seltenen Fällen (bei *Calamus* und *Bactris*) erscheint dasselbe in zwei Gruppen. Im monocotyledonen Gefäßbündel sind, wenn auch nicht bei allen Pflanzen, so doch im Allgemeinen, alle Arten der Gefäßzellen vertreten; es enthält außerdem Bast- und Holzzellen, welche dem kryptogamen Bündel fehlen;

getüpfelte Holzzellen sind freilich bis jetzt nur für *Dracaena* bekannt. Vom dicotyledonen Gefäßbündel unterscheidet es sich nicht durch die Entwicklung und Anordnung seiner Theile, sondern durch die Art seiner Fortbildung, indem es sich im Stamm bei kreisförmiger, durch den Verdickungsring bestimmter, Anordnung mit zunehmender Dicke des letzteren durch Verzweigung im Umkreis der zuerst entstandenen Bündel vermehrt, so daß mit der Dickenzunahme des Stammes auch die Zahl der Gefäßbündel zunimmt (Fig. 52 u. Fig. 45. p. 59), was bei den Kryptogamen gar nicht und bei den Dicotyledonen in anderer Weise geschieht. Die Gefäßbündel bilden auch hier mit einander ein Netzwerk, dessen Maschen von Parenchym durchsetzt werden und mit den primären Markstrahlen der Dicotyledonen vergleichbar sind. Die Vermehrung der Gefäßbündel der Monocotyledonen durch Theilung erfolgt im Stamm unterhalb des Vegetationskegels, hier bilden sich die Bündel, welche in die Blätter hinübertreten, die Vermehrung der Bündel im Umkreis der bereits vorhandenen geschieht dagegen im Verdickungsring und zwar mehr oder weniger regelmäßig nach zwei Richtungen, nämlich: 1. nach der Seite der Peripherie des Stammes und 2. durch seitliche Theilung der Bündel, so daß die Zahl der in sich abgeschlossenen Bündel vom Centrum des Stammes bis zur inneren Grenze der Rinde sich in doppelter Weise vermehrt. In der letzteren selbst verlaufen bei einigen Pflanzen (*Pandanus*, *Phönix*, *Caladium*) selbstständige Bündel bastartiger Zellen, welche, im fertigen Zustande ohne Cambium, ein besonderes Gefäßbündelsystem der Rinde bilden und mit in die Blätter hinübertreten, dagegen bei anderen Gewächsen fehlen

Fig. 51. Querschnitt durch das Gefäßbündel im Halm des Hafers (*Avena*);
cb Cambium, e weite Gefäßzellen, f engere Spiralgefäße (200 mal vergrößert).

(Dracaena). Bei denjenigen Pflanzen, welche einen knotigen Stengel besitzen, verlaufen die geschlossenen Gefäßbündel innerhalb eines Stengelgliedes parallel und ohne Maschenbildung neben einander, verzweigen sich aber im Knoten, welcher die Ansatzstelle des Blattes bildet, aufs mannigfachste durch einander.

Fig. 53.



Die Wurzel der Monocotyledonen verdickt sich in der Regel nur sehr kurze Zeit, sie hat deshalb, mit wenig Ausnahmen (Pandanus, Dracaena), nur einen einfachen Kreis von Gefäßbündeln (Fig. 53 B), der häufig von einem einfachen oder doppelten Ringe verdickter und verholzter Zellen, die man Kernscheide nennt, umschlossen wird. Auch der Wurzelstock mancher monocotyledonen Gewächse zeigt einen ähnlichen Bau. Die Gefäßbündel des einfachen Kreises sind hier unter sich nicht scharf getrennt, wohl aber ist das Cambium jedes Bündels isolirt. Die Wurzeln dagegen, welche sich noch längere Zeit verdicken, entsprechen auch im Bau ihrer Gefäßbündel mehr oder

Fig. 52. A Längsschnitt, B Querschnitt durch den Blüthenschaft von Epi-pogum Gmelini. a Die Rinde, b—b^m die Gefäßbündel von der ersten bis zur dritten Theilung, c ein schuppenförmiges Blatt, z das Innere des Schaftes, in welchem bereits durch Vertrocknen des Gewebes ein luftgefüllter Hohlraum (x) entstanden ist (Vergrößerung 3 mal).

Fig. 53. Limodorum abortivum. A Querschnitt des Stammes, Rp primäre Rinde, CbR Cambiumring, g Gefäßbündel, m Mark. B Querschnitt der Wurzel, a äußerer Theil der primären Rinde, b innerer Theil derselben, c das Cambium eines der zu einem Ringe vereinigten Gefäßbündel (Vergrößerung 6 mal).

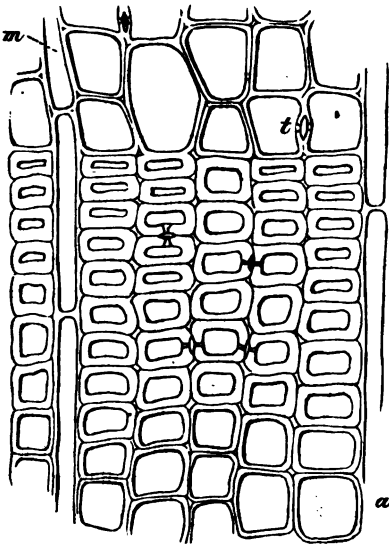
weniger dem Stamme, indem hier mehrere Kreise in sich abgeschlossener Gefäßbündel auftreten. Im Rhizom von *Epipogum* findet sich ein centrales Gefäßbündel ohne Gefäße, welches im Blüthenschaft als ein Kreis getrennter Bündel mit Spiralgefäßen, aber ohne Holz- und Bastzellen auftritt und vielleicht das einfachste monocotyledone Gefäßbündelsystem darstellt. Bei *Dracaena* sind diejenigen Bündel des Stammes, welche im Centrum liegen und zu einer Zeit entstanden sind, wo sich der Stammtheil noch verlängerte, von den später im Umkreis nach gebildeten Bündeln verschieden, indem jene weite Gefäßzellen, diese aber für selbige getüpfelte Holzzellen besitzen. Im Cambium (*vasa propria*) vieler Monocotyledonen kann man zwei Zellenarten unterscheiden, welche vielleicht in verschiedener Weise dem Saftstrom dienen (p. 42).

Das Gefäßbündel der Dicotyledonen.

§. 32. Das Gefäßbündel der Dicotyledonen ist die entwickeltste Form desselben, in der alle Arten der Zellen, die überhaupt dem Gefäßbündel eigen sind, vorkommen können und das sich in den eigentlich normalen Fällen durch die Weise seiner Fortbildung von dem monocotyledonen Gefäßbündel wesentlich unterscheidet. Indem nämlich hier das Cambium, bei ringförmiger Stellung der Gefäßbündel im Stamm und in der Wurzel, im Cambiumringe liegt und gewissermaßen einen Theil desselben bildet, zerfällt das Bündel selbst in zwei Theile, einen Holztheil, der innerhalb des Cambiumringes, also dem Mark zugewendet, und einen Basttheil, welcher außerhalb des Cambiumringes, also in der Rinde, liegt. Indem nun das Cambium des Gefäßbündels als Theil des gemeinsamen Cambiumringes fortdauernd der Zellenvermehrung dient, wächst durch dasselbe sowohl der Holztheil als auch der Basttheil des Bündels, während zwischen beiden Theilen ein Cambium verbleibt. Das dicotyledone Gefäßbündel normaler Ausbildung ist deshalb nicht in sich abgeschlossen, vielmehr zur eigenen Fortbildung fähig, es verzweigt sich deshalb nicht, wie das monocotyledone, in sich abgeschlossene, Bündel, in seinem Umkreis, wohl aber verzweigt es sich seitlich oder spaltet sich vielmehr für längere oder kürzere Strecken, wie das monocotyledone Bündel, Maschen bildend, welche, von Parenchym durchsetzt, die secundären Markstrahlen des primären Bündels erzeugen, sich mit zunehmendem Wachsthum des letzteren vermehren und durch die Entfernung ihres Ursprunges vom Cambium ihr Alter bekunden. Während die primären Markstrahlen vom Mark bis zur Grenze der primären Rinde, also zwischen zwei primären Bündeln verlaufen, endigen

die secundären Markstrahlen immer im primären Bündel selbst und zwar nach der Zeit ihres Entstehens näher oder ferner vom Mark und von der primären Rinde (Fig. 32. p. 48). Das primäre Gefäßbündel der Dicotyledonen bildet so auf dem Querschnitt gewissermaßen einen Doppelkeil, dessen eine Spitze im Mark, die andere aber in der Rinde liegt, und dessen Basis mit zunehmender Verdickung des Stammes wächst wobei sich die secundären Markstrahlen, dieser Zunahme entsprechend, vermehren. Die primären Gefäßbündel, welche ringförmig das centrale Mark umgeben, wachsen auf diese Weise, nach Innen einen geschlossenen Holzring bildend, weiter, während nach Außen die Rinde in ähnlicher Weise durch das Cambium zunimmt. Die durch secundäre Markstrahlen von einander getrennten Theile des primären Gefäßbündels hat man bisweilen secundäre Gefäßbündel genannt. Wenn nun der Holzring mit periodischen Unterbrechungen wächst, so zeigen sich concentrische Wachsthumsgrenzen, welche wir Jahresringe nennen

Fig. 54.



(Fig. 54), weil sie für unsere Breiten immer einer Wachsthumperiode (einem Sommer) entsprechen, und bei den Nadelhölzern durch die verschiedene Ausbildungsweise der Holzzellen charakterisirt sind, bei den Laubhölzern aber oftmals weniger in die Augen fallen. Viele tropische Pflanzen, welche ohne Unterbrechung wachsen, besitzen keine Jahresringe (Araucaria, Coffea, die tropischen Euphorbien), andere dagegen, welche ihre Knospen schließen (Adansonia, Bombax), sind mit ihnen versehen. In der Rinde aber, deren ältere Theile häufig durch Borken-

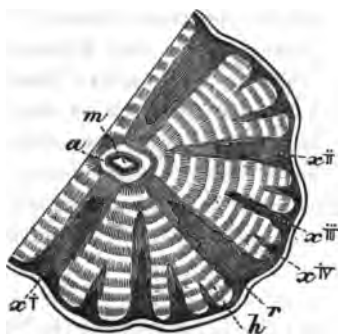
bildung (p. 57) abgeworfen werden, fehlen solche Wachsthumsgrenzen, auch wird das ursprüngliche Verhältniß der Gefäßbündel in ihr durch Unregelmäßigkeiten häufig getrübt.

Fig. 54. Querschnitt durch das Holz der Fichte (*Picea vulgaris*). *a* Die im Sommer entstandenen Holzzellen, welche allmählig in das Herbstholz *b* übergehen, dessen scharfe Grenze zwischen *b* u. *c* einem Jahresringe entspricht, *m* Markstrahlen, *t* Tüpfel (Vergrößerung 200mal).

Das dicotyledone Gefäßbündel des Stammes entwickelt, unter dem Vegetationskegel der Keimpflanze entstanden oder durch Verlängerung unter dem Vegetationskegel des Zweiges fortgebildet, zuerst einige Spiral- und Ringgefäße, welche deshalb in der Markscheide oder der inneren Grenze des Holzringes niemals fehlen und auch bei den Nadelhölzern, welche sonst keine Gefäße besitzen, vorhanden sind. Diese mit Spiral- und Ringgefäßen versehenen Erstlingsbündel treten unter dem Vegetationskegel, in gleicher Weise wie bei den Kryptogamen und den Monocotyledonen, in's Blatt hinüber, ihr im Stamm bleibender Theil verdickt sich darauf in der beschriebenen Weise, und zwar hört mit der Verlängerung des Stammtheiles, in dem sie liegen, auch die Bildung der Ring- und Spiralgefäße auf, um von nun an ganz allgemein durch getüpfelte Gefäße ersetzt zu werden. Bei den Nadelhölzern bilden sich von dieser Zeit ab nur Holzzellen (Fig. 54. p. 67). In der Wurzel scheint die Fortbildung der Erstlingsbündel in vielen Fällen in centripetaler Richtung vor sich zu gehen (nach Nägeli), wodurch das ursprünglich vorhandene centrale Mark mehr und mehr verengert (*Abies*, *Picea*) oder gar vollständig beseitigt wird (Hauptwurzel von *Cicuta virosa*). Ueberdies erfolgt die Zellentheilung in der Wurzel im Allgemeinen viel seltener als im Stamm, so daß auf dieselbe Fläche weniger, aber viel weitere, Zellen kommen, wofür die Nadelhölzer sprechende Beweise liefern (Fig. 31. p. 46).

Allein nicht überall folgt das dicotyledone Gefäßbündel diesem Normalgesetz, es kommen nämlich 1. im Mark eines normalen Holzringes noch vereinzelt in sich abgeschlossene Gefäßbündel vor (bei einigen *Begonia*-Arten, *Phytolacca* und *Cycas*); 2. bilden sich abwechselnd um einander, durch Parenchymzonen getrennte, übrigens normal

Fig. 55.

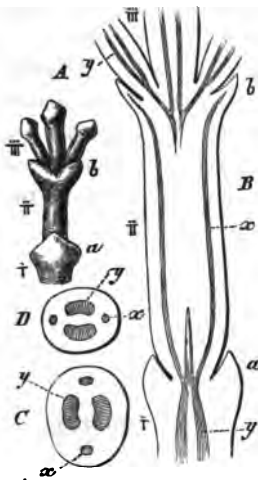


ausgebildete, Gefäßbündelringe (bei *Beta*, *Cycas*, *Menispermum*, *Cocculus* Fig. 47. p. 60); 3. kommt eine dem monocotyledonen Typus ziemlich genau entsprechende Fortbildung vor (bei *Bougenvillea* und anderen *Nyctagineen*). Außerdem zeigen die *Bignoniaceen* und einige andere tropische Schlingpflanzen noch besondere Abweichungen im Holz- und Rindenbau, welche für die einzelnen Fälle näher zu beschreiben sind (Fig. 55). — Bei

Fig. 55. Querschnitt durch den Stamm einer nicht bestimmten *Bignonia*. *m* Das Mark, *a* ältester Holzring, *h* Holzkörper, *r* Rinde, *x'* erste Zerklüftung des Holzkörpers durch Rindenbildung, *x''* — *x'IV* aufeinander folgende Zerklüftungen.

den krautartigen Pflanzen mit einem knotigen, dem Grashalm ähnlichen, Stengel verlaufen die Gefäßbündel, abgesehen von der Weise ihrer

Fig. 56.



Fortbildung, wie dort, indem sie in den Stengelgliedern einen mehr parallelen Verlauf besitzen, im Knoten aber zu einander treten und Verzweigungen und Anastomosen bilden (*Cicuta virosa*), wofür *Arceuthobium Oxycedri* das einfachste Beispiel liefert (Fig. 56). Im Stengelknoten der Rubiaceen und einiger anderer Pflanzen treten auch gürtelförmige, in der Rinde des Knotens verlaufende, Gefäßbündel auf, von welchen die Nerven für die Nebenblätter ausgehen, während das Hauptblatt seine Bündel in der oben beschriebenen Weise direct vom Gefäßbündelring des Stammes empfängt.

Die einzelnen Elementartheile eines gegebenen Gefäßbündels sind ferner nach den Pflanzen oder nach den Pflanzentheilen von verschiedenem Bau und verschiedener Anordnung, was namentlich auf die Größe, den Bau und die Vertheilung der Gefäßzellen im Holz und der Bastzellen in der Rinde Bezug hat. Wo milchsaftführende Bastzellen oder verzweigte Milchsaftgefäße vorkommen, nehmen dieselben in der Regel die Stellung der Bastzellen ein und erscheinen deshalb im Mark und in der Rinde (*Chelidonium*, *Gomphocarpus*, *Euphorbia*, *Ficus*), seltener im Holztheil des Gefäßbündels (bei *Carica Papaya*), allein in allen Fällen gehören dieselben zum Gefäßbündel und begleiten selbiges auch jederzeit durch die verschiedenen Theile der Pflanze.

Bei den krautartigen Gewächsen sind die Gefäßbündel im Stamm oftmals durch zartwandiges Parenchym (zartwandige primäre Markstrahlen), weit von einander geschieden, bei den Holzpflanzen dagegen ist dieses Parenchym in der Regel schmaler und, gleich den Zellen der Gefäß-

Fig. 56. *Arceuthobium* (früher *Viscum*) *Oxycedri*. A Kleiner Theil der Pflanze. I, II, III auf einander folgende Stengelglieder. a Ein Schuppenblatt von oben gesehen, b ein anderes des folgenden Stengelgliedes von der Seite (die Blätter [zwei] sind gegenständig). B Dieselbe Figur als Längsschnitt. C Ein Querschnitt durch das Stengelglied I. D Ein Querschnitt durch das Stengelglied II. Die beiden großen mit y bezeichneten Gefäßbündel vereinigen sich am Ende jedes Stengelgliedes, indem sie zwei kleinere Bündel (x) abgeben, welche in die beiden Blätter verlaufen; da sich nun die Blätter jedes folgenden Stengelgliedes mit einander kreuzen, so wechselt auch die Stellung der Gefäßbündel mit jedem Stengelgliede (A 4 mal, B, C u. D 12 mal vergrößert).

bündel, im Holztheil verholzt, der letztere aber bildet alsdann dasjenige, was wir Holz nennen. In ähnlicher Weise verholzt gleichzeitig mit den Gefäßbündeln auch das sie umgebende Parenchym der *Dracaena* *Draco* und einiger Palmen, so daß man in solchen Fällen sehr wohl von einem Holzring der *Monocotyledonen* reden kann.

Auch im Blattstiel bleibt die Anordnung und Fortbildungsweise der Gefäßbündel ihrem Princip getreu, indem sie bei *kryptogamen* und *monocotyledonen* Gewächsen in sich abgeschlossen sind, bei den *Dicotyledonen* aber sich in der beschriebenen Weise weiter bilden und vielfach seitlich zerspalten. Die Blattnerven endlich sind die Gefäßbündel der Blattoberfläche.

IX. Lebenserscheinungen der Zelle.

Die Aufnahme der Stoffe und die Wege der Saftführung.

§. 33. Die Pflanze empfängt ihre Nahrungsstoffe aus der Luft und aus dem Boden, das Wasser vermittelt die Aufnahme der nicht gasförmig eindringenden Verbindungen. Die Aufnahme wird durch geschlossene Membranen ohne sichtbare Löcher, also durch *Diffusion* (*Osmose*), vermittelt, es können deshalb nur gelöste oder gasförmige chemische Verbindungen in die Pflanze übergehen. — Die Wurzelhaare entziehen dem Boden in Wasser gelöste, der Pflanze zur Nahrung dienende, Stoffe und führen dieselben wieder durch *Diffusion* den benachbarten Zellen zu. Die grüne, dem Licht ausgesetzte, Oberfläche entnimmt dagegen der Luft gas- und dunstförmige Verbindungen. — Die höhere Pflanze, aus vielen unter sich verschiedenen, ungleichwerthigen, Zellen gebildet, ohne *Circulations-* und *Verdauungssystem* im Sinne des *Thierreichs*, besorgt ihrerseits den Saftaustausch gleichfalls durch *Diffusion*; die Hauptsaftströme (der auf- und der absteigende Saftstrom), gehen in bestimmten Theilen der Gefäßbündel, welche als ein zusammenhängendes System alle Theile der höheren Pflanze durchziehen, und zwar findet der aufsteigende Saftstrom bei den *Dicotyledonen* höchst wahrscheinlich im Holztheil, der absteigende Saftstrom dagegen im Basttheil des Gefäßbündels statt. — Der rasche Verbrauch der Stoffe an den Endpunkten des Stammes und der Wurzel regelt wahrscheinlich den auf- und abwärtssteigenden Saftstrom im Gefäßbündel, indem die fortwachsende Stamm- und Wurzelknospe, weil sie die ihr zugeführten Stoffe rasch verbraucht,

einen ebenso schnellen Ersatz derselben verlangt und so gewissermaßen als ein Pumpwerk wirkt. Das Verhalten geringelter Zweige, welche sich unterhalb der Ringelung nicht mehr verdicken, und keine Reservestoffe bilden, spricht für den absteigenden Strom in den Bastschichten. Durch die primären Markstrahlen wird andererseits eine wagerechte Saftverbindung zwischen dem Parenchym des Markes mit dem Parenchym der primären Rinde, durch die secundären Markstrahlen aber eine wagerechte Saftverbindung zwischen dem Holz und der secundären Rinde unterhalten. Ferner wirken die einzelnen Zellen sowohl des Parenchyms als auch der im Gefäßsbündel vertretenen Zellenarten nach Bedürfnis auf einander, wofür die Porenkanäle und das Vorkommen bestimmter chemischer Verbindungen in bestimmten Zellen Nachweis liefern. So leiten die getüpfelten Gefäßzellen sicherlich zunächst den Saftstrom in ihrer Längsrichtung, ihre Querwand ist zart und nicht verholzt, sie gleicht einem sehr weiten Porenkanal oder bei leiterförmigen Scheidewänden mehreren spaltenförmigen Porenkanälen, die verholzten Seitenwände dagegen sind mit zahlreichen Tüpfeln versehen. In dem Parenchym der nächsten Umgebung der Bastzellen, die in der Regel sehr feine aber zahlreiche Porenkanäle besitzen, findet man fast überall schön ausgebildete Krystalle, deren Bestandtheile wahrscheinlich vom abwärtsgehenden Saftstrom an diese Zellen abgegeben werden. Das durchaus verschiedene Verhalten bestimmter Zellen in derselben Pflanze zeugt überhaupt für einen verschiedenen chemisch-physikalischen Proceß und damit für eben so verschiedene Bedürfnisse, so daß die eine Zelle diesen chemischen Stoff, die andere jenen begieriger und deshalb in größerer Menge an sich zieht¹⁾. Nun wissen wir durch SCHULZ-FLETH, daß die Pflanze durch ihre Wurzeloberhaut aus einer gegebenen Lösung die Stoffe nicht in dem vorhandenen Verhältniß, sondern nach Maßgabe ihres Bedarfs von dem einen chemischen Stoffe mehr, von dem anderen dagegen weniger aufnimmt, und so nach Bedürfnis die Quantität ihrer Nahrungstoffe selbst bestimmt. Wie hier die Wurzelhaare, so wirken überhaupt die Pflanzenzellen, und daraus erklärt sich auch die Mannigfaltigkeit der Producte, welche sie liefern. Selbst beim Bluten der Rebe liegt die treibende Kraft des Saftes in den Wurzeln; es läßt

¹⁾ In einer mit thierischer Blase verschlossenen Röhre steigt das Wasser zum Alkohol, in einer mit Kaoutschouk verschlossenen Röhre geht umgekehrt der Alkohol zum Wasser. Versuche mit der Membran der *Caulerpa* zeigen ferner, daß 1. die pflanzliche Membran sich in Bezug auf Diffusion der thierischen ähnlich verhält, daß 2. der Grad der letzteren mit der Dicke der Membran abnimmt und daß endlich 3. die Membran selbst zu den chemischen Stoffen in Beziehung steht, indem das Wasser zum Zuckerwasser, der Alkohol aber zum Wasser geht.

sich keine andere wahrscheinliche Ursache derselben auffinden, als das endosmotische Verhalten der in bestimmten Zellengruppen der Wurzel eingeschlossenen löslichen Stoffe zum Wasser des Erdbodens (HORMEISTER).

Außer den genannten Hauptströmen im Gefäßbündel scheinen bei einigen Pflanzen noch Nebenwege eines auf- oder abwärtssteigenden Saftstromes (in der Nähe der Markscheide und unterhalb der Oberhaut) vorzukommen, es scheint überhaupt, als ob die Gestalt der Zellen zum Theil mit aus einer vorwaltenden Richtung des Saftstromes hervorgeht, so daß man für langgestreckte Zellen das Vorwalten eines Stromes in dieser Richtung annehmen darf (Gefäßzellen, Holzzellen, Siebröhren, Bastzellen), bei den cubischen Zellen dagegen kein entschiedenes Vorwalten irgend einer Stromrichtung stattfindet. — Die Verdunstung an der freien Oberfläche der Pflanze, durch die Epidermis und durch Korkbildung dem Grade nach sehr beschränkt, wirkt andererseits sicherlich auf den Saftaustausch im Parenchym unterhalb der Oberhaut und dieses wieder rückwärts auf die saftführenden Zellen der Gefäßbündel. Da nun aber sowohl der Bau der Oberhaut als auch der Bau und die Anordnung der Gefäßbündel nach den Pflanzen sehr verschieden ist, so kann auch die Weise des Saftaustausches nicht überall dieselbe sein. Bei den niederen Pflanzen z. B., wo die Gefäße fehlen (Pilze, Flechten, Algen und Charen), ist die Saftverbindung der Zellen unter einander einfacher als bei den höher entwickelten Gewächsen, und bei den einzelligen Algen im weiteren Sinne des Wortes, d. h. bei denjenigen Pflanzen, welche aus gleichwerthigen Zellen bestehen (p. 37), ist der Saftaustausch der mit einander verbundenen Zellen, wenn er überhaupt fortdauernd stattfindet, am einfachsten geordnet.

Nur die jugendlichen Theile der Wurzel, welche eine zarte, meistens mit Wurzelhaaren bekleidete, Oberhaut besitzen, vermitteln die Aufnahme gelöster Nahrungsstoffe aus dem Boden; die Kork- und Borkenbildung um die älteren Wurzeltheile verhindert dagegen sowohl die Aufnahme der Nahrungsstoffe, als auch die Saftabgabe an das Erdreich. Wurzel-ausscheidungen sind deshalb nur in sehr beschränktem Grade und zwar nur an der Wurzelspitze möglich, diese aber kommt, da sie immer weiter vorrückt, nach einander mit anderen Theilen des Bodens in Berührung. Man muß sich deshalb die höhere Pflanze als einen Organismus denken, der, von einer nach Außen hin schützenden, isolirenden Hülle umgeben, in der Erde wurzelt, und dessen Wurzelenden gewissermaßen als Saugorgane für die Bodennahrung wirken, während die Blätter und die ~~primäre~~
grüne Rinde der Zweige für Luftnah-

nung sorgen und das Geschäft der Respiration verrichten, in dessen Innern aber neben einem aufwärts- und einem abwärtssteigenden Hauptstromen im Gefäßbündelsystem noch zahlreiche Saftströme für verschiedene chemische Stoffe zwischen den Zellen unter sich vorkommen.

Manche der im Boden befindlichen anorganischen Stoffe mögen für das Leben der Pflanze unwesentlich sein, andere dagegen sind sicherlich von großer Bedeutung. Die Cerealien z. B. gedeihen nur auf einem Boden, welcher reichlich Alkali enthält, sie bedürfen außerdem für ihren Halm und für die Zellen ihrer Oberhaut im Allgemeinen der Kieselsäure, welche erst durch die Alkalien löslich wird; in ihrem Samen findet man außerdem eine große Menge phosphorsaurer Salze. Die Mehrzahl unserer Orchideen wächst nur in Kalkboden, die löslichen Bestandtheile des letzteren müssen deshalb zu ihrem Gedeihen nothwendig sein. Die eigentlichen Salzpflanzen können wieder ohne Kochsalz nicht leben u. s. w. Man hat diejenigen Gewächse, welche eine bestimmte Bodenart verlangen, als bodenstättig bezeichnet. — Die Kalksalze mit organischen Säuren, welche in den Pflanzen als Krystalle so verbreitet sind, verdanken ihren Kalk wahrscheinlich einer doppelt kohlensauren oder schwefelsauren Kalkverbindung des Bodens, welche im Innern der Pflanze die Umwandlung erlitten hat, wobei die ursprünglich mit dem Kalk verbundene Säure für andere Zwecke verwendet wurde, die organische durch die physiologische Thätigkeit der Pflanze entstandene Säure aber durch die Verbindung mit dem Kalk unschädlich gemacht wurde und vielleicht später wieder für andere Zwecke der Pflanze Verwerthung findet.

Der Stickstoff wird, wenigstens der größten Menge nach, durch die Wurzel aufgenommen, die Pflanze kann deshalb in einem aller organischen Stoffe entbehrenden Boden nicht wohl gedeihen, doch aber bilden sich im Erdreich selbst, allein nach Maßgabe seiner Zusammensetzung und Beschaffenheit, durch Zersetzung der atmosphärischen Luft, Ammoniak und Salpetersäure. Der Kohlenstoff scheint dagegen in größter Menge von den Blättern und den grünen Rindentheilen als Kohlensäure aus der Luft entnommen zu werden. Der Wasserstoff und Sauerstoff aber sind Bestandtheile des Wassers und der Luft, die beide zum Leben der Pflanze nothwendig sind.

Die Verarbeitung der aufgenommenen Stoffe durch die Pflanzenzellen.

§. 34. Die Pflanze entnimmt alle zu ihrem Leben nothwendigen Stoffe der Außenwelt und sie verarbeitet dieselben für ihre Zwecke,

allein sie kann nur tropfbar flüssige (in Wasser gelöste), und gasförmige Verbindungen aufnehmen. Der Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff sind ihre Hauptnahrungsmittel, aber auch anorganische Grundstoffe scheinen mehr oder weniger zu ihrem Gedeihen nothwendig. Die stickstoffhaltigen Verbindungen (die Eiweißstoffe) sind das Belebende der Zelle, denn sie erregen und unterhalten den Stoffwechsel in derselben. Die sogenannten assimilirten Stoffe, Verbindungen des Kohlenstoffs mit Wasserstoff und Sauerstoff (zum größten Theil Kohlenhydrate), dagegen sind Erzeugnisse des Zellenlebens. Der Zellstoff, das Stärkmehl, Inulin, Dextrin, Gummi und der Zucker sind die wesentlichsten dieser Stoffe. Nun verhalten sich die Zellen unter sich in derselben Pflanze durchaus verschieden, indem die einen vorzugsweise oder ausschließlich neue Zellen bilden, während die anderen vorzugsweise assimilirte Stoffe, die man auch Nahrungs- oder Reservestoffe nennt, erzeugen. Wohl niemals findet in derselben Zelle die Bildung neuer Zellen gleichzeitig mit dem Entstehen der Nahrungsstoffe statt; das Stärkmehl verschwindet aus der Zelle bevor sich Tochterzellen bilden, und es entsteht erst in den neuen Zellen, wenn diese aufhören sich durch Theilung zu vermehren. In denjenigen Zellenarten, welche vorzugsweise der Zellenbildung dienen, sind die Stickstoffverbindungen vorherrschend (im Urparenchym und im Cambium). Aber auch in denjenigen Zellenarten, welche nicht mehr neue Zellen bilden, ist die Art des Verbrauchs der Stoffe sehr verschieden, indem letztere bald vorzugsweise zur Verdickung der Wand (beim hornartigen Sameneiweiß der Palmen), bald fast ausschließlich zur Bildung von Stärkmehl u. s. w. (im Sameneiweiß der Gräser) verwendet werden. Der Verbrauch der Stoffe innerhalb der Zellen aber macht zu seiner Fortdauer in allen Fällen eine Zufuhr neuer Stoffe derselben Art nothwendig und diese wird durch das Bedürfnis der Zellen selbst geregelt, indem die Nachbarzellen einander dienstbar sind und durch die Porencanäle ihrer Wandungen auf osmotischem Wege eine Saftverbindung unterhalten. Der chemische Proceß im Innern jeder einzelnen Zelle veranlaßt somit schon in den gleichartigen Geweben (im Parenchym der Rinde und des Markes) eine regelmäßige Saftverbindung für dieselben chemischen Stoffe, während durch die physiologische Verschiedenheit der verschiedenen Zellenarten unter sich wieder Saftverbindungen für verschiedene chemische Stoffe hervorgerufen werden, so daß die eine Zellenart nach ihrem Bedürfnis vorzugsweise diesen, die andere jenen chemischen Stoff verwerthet. — Durch die verschiedenen Zellenarten erklärt sich deshalb auch die ungleiche Vertheilung und der ungleiche Verbrauch

bestimmter chemischer Stoffe innerhalb der Pflanze. Diese aber verarbeitet, was ihr die Luft, das Wasser und der Boden bieten; sie bildet aus der Kohlensäure, dem Ammoniak, dem Wasser und der Humussäure sowohl die eiweißartigen Verbindungen, als auch die stärkeartigen und wachsartigen Stoffe, desgleichen die Oele, Harze, Farbstoffe, die Säuren und die Alkaloide; ihre lebendigen saftführenden Zellen sind in beständiger Thätigkeit und wirken auf einander, wie ein Rad des Uhrwerks in das andere greift.

Im Allgemeinen ist die chemische Thätigkeit der Pflanze eine desoxydirende, indem bei der Bildung der stärkeartigen Verbindungen aus Kohlensäure und Wasser Sauerstoff frei wird, welcher am Tage, wo der chemische Proceß innerhalb der Pflanze besonders thätig ist, ausgeschieden wird, wogegen des Nachts ein Theil der aufgenommenen Kohlensäure wieder unzerlegt davongeht. Die Bildung des Wachses, der Oele, des Chlorophylls ist ein neuer Desoxydationsproceß, dagegen muß die Pflanze, wenn sie aus ätherischen Oelen Harze bildet, wenn aus fetten Oelen (beim Keimen der ölhaltigen Samen) Zellstoff entsteht, wieder Sauerstoff aufnehmen. Wie aus Zellstoff Stärkmehl, Dextrin und Zucker entsteht, so kann umgekehrt aus Zucker wieder Stärkmehl werden (bei der Runkelrübe); Gummi, Dextrin und Pflanzenschleim sind isomer. Die verschiedenen stickstoffhaltigen Verbindungen aber gehen noch leichter ineinander über, sie sind deshalb die eigentlichen Erreger aller Umwandlungen im Innern der pflanzlichen Zellen. Nur der Holz- und der Korkstoff bleiben unverändert¹⁾.

Wenn wir nun die verschiedenen Zellenarten der höheren Pflanze nach ihrem physiologischen Verhalten zu einander vergleichen, so zeigt sich 1. das Urparenchym und das Cambium als das ausschließlich zellenbildende Gewebe, reich an stickstoffhaltigen Verbindungen, mit zarter Zellwandung, ohne Stärkmehl und ohne Luft in den Inter-cellulargängen²⁾. 2. Das parenchymatische Gewebe (Parenchym, Markstrahlzellen und Holzparenchym), als das vorzugsweise Kohlenhydrate erzeugende Gewebe, in welchem entweder die Bildung von Zellstoff vorherrscht, so daß die Wand sich stark verdickt, oder bei schwacher Wandverdickung vorzugsweise Stärkmehl oder Zucker u. s. w., desgleichen Harze, Oele, Farbstoffe, organische Säuren gebildet und häufig Krystalle mit anorganischer Basis ausgeschieden werden, während die

¹⁾ Da verholzte und verkorkte Zellen in der Regel bald ihren Saft verlieren, so ist die Beständigkeit beider vielleicht hierauf zunächst begründet.

²⁾ Auch das Cambium der fertigen monocotyledonen Gefäßbündel ist, ohne neue Zellen zu bilden, reich an Proteinverbindungen.

Intercellularräume in der Regel Luft enthalten. 3. Das Bastgewebe, welches selten neue Zellen, dagegen häufig Kaoutschouk und Alkaloide bildet. 4. Die Gefäße und eigentlichen Holzzellen, welche früher oder später durch Verlust ihres Saftes untätig werden, selten oder niemals neue Zellen und ebenso selten (für die Gefäße noch gar nicht bekannt, für die Holzzellen nur in sehr wenig Fällen beobachtet) Stärkmehl bilden und deren Holzstoff nicht wieder resorbirt wird. 5. Die Oberhautzellen, welche sich nach ihrem Bau und ihrer Beschaffenheit anders verhalten, und danach als Epiblemma mehr der Stoffaufnahme, als Epithelium mehr der Secretion und als Epidermis der Respiration dienen, zugleich aber bald mehr bald weniger vor der Verdunstung und vor schädlichen äußeren Einflüssen schützen. Die Spaltöffnungszellen der Oberhaut bilden nicht selten Stärkmehl. 6. Der Kork, dessen Zellen bald ihren Saft verlieren und entweder als Ersatz der Epidermis, aber in einem höheren Grade als diese, vor der Verdunstung an der freien Oberfläche schützen, oder als eine Schicht abgestorbener Zellen die Saftverbindung der inneren und der äußeren Theile unterbrechen. Seine Zellen verwenden, wenn sie länger leben, die ihnen zukommenden Stoffe zunächst zur Wandverdickung, sie bilden seltener auch harzartige Stoffe und Krystalle mit anorganischer Basis.

Fassen wir diese Resultate zusammen, so erhalten wir an den Endpunkten des Stammes und der Wurzel das Urparenchym als ausschließlich der Zellenbildung dienendes Gewebe, welches durch das Cambium der Gefäßbündel von der Wurzelspitze aus neue Zufuhr stickstoffhaltiger Verbindungen erhält, während die Gefäß- und Holzzellen, so lange sie Säfte führen, gleichfalls dem aufsteigenden Saftstrom dienen, später aber die ausgeschiedenen Gase aufnehmen; dann in den Siebröhren und Bastzellen wahrscheinlich die Organe des abwärtssteigenden Saftstroms. Im parenchymatischen Gewebe dagegen sehen wir zunächst diejenige Zellenart, welche die aus der Luft und dem Boden erhaltenen Stoffe verarbeitet und Reservestoffe für die Pflanze bildet, welche im Frühjahr oder beim Keimen der Samen wieder zum Nutzen derselben verbraucht werden und endlich in der Oberhaut ein bald der Stoffaufnahme und der Secretion, bald der Respiration dienendes, zugleich aber auch die Verdunstung beschränkendes Gewebe, während das Korkgewebe zunächst dem letzten Zwecke dienstbar ist.

Der chemische Proceß hat bekanntlich entweder ein Freiwerden oder ein Binden der Wärme zur Folge. Der Oxydations- oder Verbrennungsproceß, welcher im Thierreich vorwaltet, setzt Wärme in Freiheit, der Desoxydationsproceß dagegen bindet dieselbe. In der

Pflanze finden sich nun beide neben einander, wonach auch die Temperatur der verschiedenen Gewebeschichten nach ihrer chemischen Thätigkeit verschieden sein muß; aber leider wissen wir hierüber noch sehr wenig. Bei der Blütenentfaltung einiger Aroideen und der Victoria, desgleichen bei der Keimung stärkmehlhaltiger Samen ist eine beträchtliche Wärmeentwicklung nachgewiesen. — Ueber die durch den chemischen Proceß innerhalb der Pflanze erzeugte Elektrizität fehlt es noch ganz an Untersuchungen.

Die Resorption.

§. 35. Unter Resorption versteht man das Verschwinden flüssiger oder fester Stoffe durch den Einfluß benachbarter Zellen, welche dieselben aufnehmen. Zur Resorption fester Substanzen ist zunächst der Uebergang in einen löslichen Zustand nothwendig. Durch sie wird sowohl die Bildung neuer Zellen, als auch die Fortentwicklung bestimmter Theile ermöglicht, durch sie empfängt ein Organ der Pflanze die von einem anderen zu seiner Nahrung vorbereiteten Nahrungsstoffe u. s. w. Das Leben des einen Gewebes ruft deshalb oftmals den Untergang des anderen hervor. Durch Resorption verschwindet die Querwand der Gefäßzellen und bohrt sich der Pilz seine Wege durch die Zellwand der Nährpflanze und selbst in das Innere des Stärkmehlkorns (Fig. 57).



Die Resorption ist für das Leben der Pflanze sehr wichtig, denn nur durch sie können derselben die Reservestoffe zu Nutze kommen, wir sehen sie deshalb auch sowohl bei der Zellenbildung durch das Verschwinden der Mutterzellwand, als auch bei der Keimung u. s. w. durch das Verschwinden der Reservestoffe thätig. Ernährung und Resorption gehen Hand in Hand, beide sind vereinzelt für die Pflanze nicht denkbar. Die Resorption beschränkt sich aber nicht auf die Membran der Mutterzelle und auf bestimmte feste Stoffe (die Reservestoffe) in anderen Zellen allein, sie ergreift vielmehr häufig ganze Gewebe; so vergrößert sich der Embryosack der Phanerogamen auf Kosten der ihn umgebenden Zellen und wächst später der in ihm entstandene Embryo auf Kosten des ihn umgebenden Sameneiweißes, desgleichen erhalten die Pollenkörner in der Anthere von einem bestimmten Parenchym, das selbige umgiebt und mit der Ausbildung des Blütenstaubes verschwindet, ihre Nahrung. Durch Resorption der Inter-cellularsubstanz, welche selbst durch eine Auflösung der Mutterzellwände

Fig. 57. Ein von Pilzfäden (*Oidium violaceum*) angegriffenes Stärkmehlkorn der nassfaulen Kartoffel (Vergrößerung 200mal).

entstanden ist, lösen sich wieder die Zellen der saftigen Früchte zur Zeit der Reife von einander und treten gleichfalls die Zellen des leitenden Gewebes im Staubwegcanal vieler Pflanzen aus ihrem Verbande. Durch Resorption verschwinden endlich bei einigen Gewächsen bestimmte Partien des Gefäßbündels, so daß später lusterfüllte Lücken zurückbleiben (*Equisetum*). — Die verholzten und verkorkten Zellwände können, wie es scheint, von der Pflanze nicht resorbirt werden, sie gleichen hierin dem Knochengewebe der Thiere, das ebenfalls beständig ist.

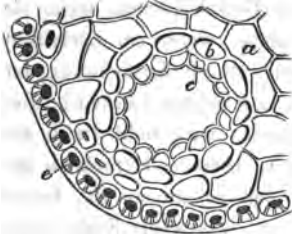
Die Secretion.

§. 36. Die Secretion ist eine Stoffausscheidung durch die Membran der Zellen; jedes Secret muß deshalb einmal tropfbar- oder gasförmig-flüssig gewesen sein; aber nicht alle Secrete bleiben flüssig. Die Secretion ist an den freien Grenzen der Zelle besonders thätig, durch sie verdickt sich die Cuticula (p. 29). — Aufser der allgemeinen, allen lebenden Pflanzenzellen, nach ihrer Lage und Beschaffenheit mehr oder weniger, zukommenden Stoffausscheidung besitzt die höhere Pflanze noch besondere, dieser Function vorzugsweise dienende Organe. Die ätherischen Oele, das Harz, Wachs u. s. w. sind zum größten Theil Secrete der Zellen, der Milchsaft ist dagegen kein Secret, er ist das Product einer bestimmten Art der Bastzellen.

Jede Oberhaut secernirt mehr oder weniger, das Epithelium aber dient zunächst diesem Zwecke; so hängt auf der Narbe vieler Pflanzen zur Zeit der Befruchtung ein klarer Tropfen einer ausgeschiedenen Flüssigkeit (*Phormium*, *Furcroya*), immer aber ist dieselbe von ausgeschiedenen Säften feucht. Das Epiblema secernirt viel weniger und stirbt dazu frühzeitig ab, die Ausscheidungen der Wurzel sind deshalb sehr unbedeutend; die Epidermis aber vermehrt durch Secretion die aus der Wand der untergegangenen Mutterzelle ursprünglich hervorgegangene Cuticula, wenn erstere nicht durch das Auftreten von Cuticularschichten beschränkt wird; sie scheidet außerdem nicht selten wachsartige Stoffe in geringer (bei den Pflaumen), oder großer Menge (an den Zweigen der *Euphorbia canariensis*) aus, oder secernirt Ausschwitzungen verschiedener Art aus besonderen Drüsen (Harz bei der Birke) (Fig. 43. p. 56).

Für die Secretion im Innern der Pflanze giebt es außerdem besondere Organe, die Harzgänge der Nadelhölzer und die ihnen verwandten Gummigänge und Milchsaftgänge (p. 27), desgleichen die Oelbehälter der Citrus-Arten u. s. w. Alle diese Organe bilden kürzere oder längere, unter sich abgeschlossene oder mit einander in Ver-

Fig. 58.



bindung stehende Räume, welche von einem secernirenden Epithelium umkleidet (Fig. 58) und entweder ganz mit dem Secrete erfüllt sind (die Oelbehälter von Citrus und die Milchsaftegänge bei Alisma und Musa), oder außerdem noch Luft enthalten (die Harzgänge der Nadelhölzer). Seltener finden sich auch Secrete in den luftführenden Zellen (die Holzzellen des Kernholzes von *Pinus canariensis* sind ganz mit Harz angefüllt, die Gefäße von *Gnetum* enthalten eine Gummiart).

Die Ausscheidung der Gase scheint bei einer cuticularisirten Oberhaut zunächst durch die Spaltöffnungen zu erfolgen. Der Wohlgeruch vieler Blumen, das Aroma eines Nadelwaldes im Sommer liefern die sichersten Beweise für die Verdunstung flüchtiger Oele und Aetherarten, die Verdunstung des Wassergases aber ist nach der Pflanze und der Beschaffenheit ihrer Oberhaut dem Grade nach sehr verschieden.

Der Tod der Pflanzenzelle.

§. 37. Sobald die Pflanzenzelle aufhört neue Zellen oder Nahrungsstoffe u. s. w. zu bilden, sobald ihr flüssiger Inhalt schwindet und durch Luft ersetzt wird, ist dieselbe an und für sich todt zu nennen. Der Tod der Pflanzenzelle erfolgt entweder gesetzmäßig (bei den Gefäß-, Holz- und Korkzellen), oder von dem Leben der Pflanze selbst unabhängig, durch äußere Einflüsse bedingt (die Zelle stirbt in Folge einer Erkrankung). — Das Leben der Pflanzenzelle beruht, wie wir p. 75 gesehen, auf einem einheitlichen Zusammenwirken vieler Einzelkräfte; mit dem Tode ändert sich das Verhältniß und die Stoffe verfallen, indem die Wechselwirkung der Zellen auf einander aufhört, dem einfacheren chemischen Proceß. Fäulniß ist darum das erste Zeichen des Todes. Das Leben der Pflanzen aber ist wieder auf dem einheitlichen Zusammenwirken vieler unter sich verschiedener (ungleichwerthiger), sowohl lebender als tochter Zellen begründet; der Tod der Pflanze oder eines Pflanzentheiles aber ist die Folge einer Störung dieses normalen Zusammenwirkens.

Das normale Absterben der Pflanzenzellen erfolgt durch das allmähliche oder plötzliche Verschwinden des Saftes, also durch Austrocknen; so sterben die Gefäßzellen, nachdem ihre Querwand resor-

Fig. 58. Harzgang aus dem Querschnitt des Blattes der Edeltanne. *a* Das Blattparenchym, *b* Zellen, welche Stärkmehl führen, *c* die secernirenden Zellen des Harzganges, *e* die Epidermis (Vergrößerung 200 mal).

birt ist und so werden die Holzzellen und die Korkzellen saftleer. In gleicher Weise vertrocknen auch größere Gewebeflächen, wenn sie nicht mehr ernährt werden, und es entstehen, wenn ein Zerreißen der Membranen durch Zusammenziehung oder durch Ausdehnung der umgebenden Theile damit verbunden ist, mit Luft erfüllte Lücken im Gewebe (der Anfangs solide Stengel vieler Pflanzen wird hohl durch ein Absterben der Zellen seines Markes u. s. w.); ebenso vertrocknen die Blumenblätter und Staubfäden, wenn ihre Zeit gekommen ist, ferner vertrocknet die Rinde und welken die Blätter, wenn eine Korkschicht ihnen die Saftzufuhr von Innen her abschneidet. — Bei dem langsamen Vertrocknen wird die ursprünglich farblose Zellmembran häufig gebräunt, in welchem Falle meistens auch ihr Zellstoff verschwunden und durch einen der Korksubstanz ähnlichen Stoff ersetzt ist, so daß hier mit dem Tode der Zelle auch eine chemische Veränderung ihrer Wandung stattfindet. — Die saftlosen und demnach an und für sich todtten Gefäß- und Holzzellen haben vielleicht für die Pflanze als Isolatoren der saftführenden von ihnen begrenzten Zellenarten, desgleichen als Behälter für die ausgeschiedenen Gase noch immerhin Bedeutung; der luftführende Kork aber und die gleichfalls aus abgestorbenen luftführenden Zellen bestehende Borke sind als Schutzmittel gegen äußere Einflüsse für die Pflanze sehr wichtig, auch sollen dieselben, nach der Annahme einiger Physiologen, durch ihre poröse Beschaffenheit zur Verdichtung der Gase beitragen (?). Sämmtliche Erscheinungen des normalen Absterbens der Pflanzenzellen lassen sich demnach unter den Begriff des Vertrocknens zusammenfassen. Ohne Wasser keine Stoffumwandlung, ohne Stoffumwandlung aber kein organisches Leben!

Das krankhafte Absterben der Zelle dagegen äußert sich zuerst durch Veränderungen in den Proteinverbindungen, welche sich entweder körnig oder gar membranartig abscheiden, worauf in der Regel Fäulniß eintritt, welche nach der Beschaffenheit des Zellinhalts und der äußeren Verhältnisse einen verschiedenen Verlauf nimmt, und wenn nicht ein Austrocknen dieselbe behindert, mit einer gänzlichen Auflösung der erkrankten Zelle abschließt. Krank sind übrigens schon solche Zellen, welche nicht in der ihnen normalen Weise leben, sondern durch Einflüsse verschiedener Art von ihrem eigentlichen Lebensgange abweichen. Viele Krankheiten der Gewächse, durch Schmarotzerpilze veranlaßt (der Brand und Rost, das Mutterkorn des Getreides), sind hierher zu rechnen.

Wie im normalen Leben der Pflanze eine Zelle die andere ernährt, das Zusammenwirken aller Zellen aber das Leben der Pflanze bedingt,

so wirken auch rückwärts Störungen im Leben einer Zelle auf die andere, der Tod einiger Zellen kann deshalb möglicherweise den Tod aller zur Folge haben, wie der Stillstand eines Rades unter Umständen das ganze Uhrwerk zum Stehen bringt.

X. Anhang.

Das polarisirte Licht und seine Wirkung auf die Pflanzenzellen.

§. 38. Der polarisirte Lichtstrahl wirkt unabhängig von der chemischen Beschaffenheit der Substanz, er zeigt uns die Spannungsverhältnisse der Theile in der Masse eines Körpers zu einander. Alle jungen und wenig verdichteten Pflanzenzellen sind nur schwach doppelt brechend (das Cambium, das Gewebe der meisten Pilze und Flechten, die Außenhaut der Pollenkörner). Mit dem Grade der Verdichtung nimmt im Allgemeinen auch die doppelt brechende Kraft der Pflanzenmembran zu, desgleichen ist die Schichtung, durch das Abwechseln dichter und minder dichter Partien, auf die Erscheinung von wesentlichem Einfluß. Die Stärkmehlkörner, der Querdurchschnitt stark verdickter Zellen, die Tüpfel und Porencanäle dickwandiger Zellen, desgleichen einige Spaltöffnungen (Oberhaut von *Petraea* und *Moquilea*) zeigen ein schwarzes Kreuz, welches in ähnlicher Weise auch die Schuppen der *Elaeagnen* u. s. w. aufweisen. — Oft ist die eine Schicht derselben Pflanzenzelle nur schwach (die Verdickungsschichten der meisten Holzzellen), die andere dagegen in hohem Grade doppelt brechend (die primäre Membran genannter Zellen). Die Bastzellen und andere mit abwechselnder Streifung in den verschiedenen Verdickungsschichten zeigen Depolarisationsfarben. Auch giebt es nach v. MoHL optisch positive und optisch negative Pflanzenmembranen. — Veränderungen des Aggregatzustandes verändern auch das optische Verhalten, geschmolzenes Wachs und geschmolzenes Stearin sind einfach brechend, im erstarrten Zustande aber doppelt brechend. Das Kieselskelet kieseläurehaltiger stark doppelt brechender Zellen ist nur sehr schwach doppelt brechend, verkalkte Pflanzenzellen (*Corallina*) verlieren dagegen mit der Entfernung des Kalkes auch nahebei ihre doppelt brechende Kraft. — Das Polarisationsmikroskop kann somit zur Bestimmung der Dichtigkeitsverhältnisse Anwendung finden.

Zweite Abtheilung.

Die aus Zellen zusammengesetzten Organe und ihre Lebenserscheinungen.

Die Grundorgane der Pflanze.

§. 39. Wie man die Pflanzenzelle nach ihrer Entwicklungsgeschichte und Function in verschiedene Arten unterscheiden kann, so gelingt es auch die Pflanzenorgane nach denselben Grundsätzen einzutheilen, ja es ist sogar zum übersichtlichen Verständniß des Baues und der Lebensverhältnisse der Gewächse nothwendig, eine auf dem genannten Wege erzielte Unterordnung der Organe vorzunehmen.

Für die Gesamtpflanze unterscheidet man zunächst:

Stamm und Wurzel.

Der Stamm, mit einem freien Vegetationskegel, welcher unter sich Blätter bildet, zerfällt wieder in einen Central- oder Achsentheil¹⁾, den eigentlichen Stamm, und in dessen Seitenorgane, die Blätter. Die Wurzel dagegen, mit einem von der Wurzelhaube bedeckten Vegetationskegel, hat keine den Blättern entsprechende Seitenorgane. Die Knospen, als jüngste Entwicklungszustände des Stammes und der Wurzel, müssen in Stammknospen und Wurzelknospen unterschieden werden. Unter den Stammknospen endlich muß man wieder zwischen Zweigknospen und Blüthenknospen unterscheiden.

Doch nur für die höheren Pflanzen ist diese Eintheilung der Grundorgane zulässig; bei den Pilzen, den Flechten und niederen Algen kann von Stamm und Wurzel nicht die Rede sein, selbst bei den höheren Algen und den Charen ist eine Unterscheidung in Stamm und Blätter noch willkürlich, bei den Lebermoosen und Laubmoosen aber, denen freilich noch die eigentliche Wurzel mangelt, müssen Stamm und Blätter unterschieden werden, während von da ab alle Grundorgane der Pflanze vertreten sind.

¹⁾ Als Achsenorgan pflegt man sowohl den eigentlichen Stamm als auch die Wurzel zu betrachten.

XI. Der Stamm.

Die Stammknospe.

§. 40. Der Stamm (caulis) entsteht aus einer Stammknospe und seine Spitze endigt wieder mit einer solchen, es sei denn, daß selbige zur Blüthe geworden oder in irgend einer Weise verkümmert wäre. Der Stamm wächst an seiner Spitze durch Bildung neuer Zellen und Ausdehnung der bereits vorhandenen. Die Knospe, mit der er endigt, besitzt einen freien, von keiner Wurzelhaube bedeckten, Vegetationskegel, unter welchem sich Blätter bilden. Der Stamm der höheren Pflanzen besteht aus Parenchym, von Gefäßbündeln durchsetzt, und seine Oberfläche ist mit einer Oberhaut oder später mit Kork bekleidet. Nach der Ausbildungsweise der Gefäßbündel zeigt der Stamm entweder einen geschlossenen Holzring, welcher ein centrales Parenchym, das Mark, umgiebt und eine secundäre Rinde (bei den meisten Dicotyledonen), oder es erscheinen die Gefäßbündel weniger regelmässig angeordnet auf dem Querschnitt im Parenchym des Stammes wie zerstreut (bei den Monocotyledonen und einigen Kryptogamen). — Zweig, Ast und Stamm sind nur ihrem Alter und ihrer Gröfse nach verschieden, denn der Zweig kann unter Umständen

Fig. 59.

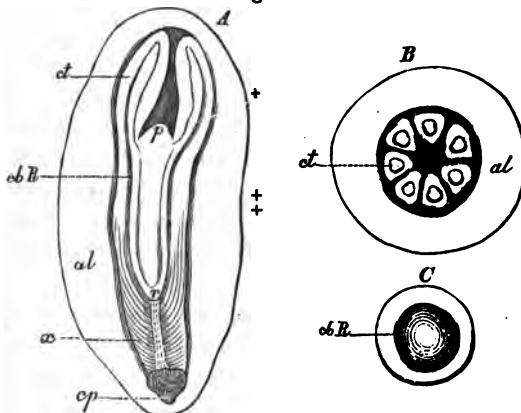
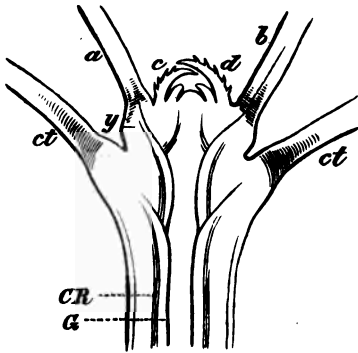


Fig. 59. Der Kern, d. h. das Sameneiweiss mit dem Keim, des Samens der Kiefer (*Pinus silvestris*). *A* Im Längsschnitt; *al* Sameneiweiss, *cbR* Verdickungsring, *ct* Samenlappen, *cp* Corpusculum, *p* Plumula, *r* Radicula, *x* Wurzelhaube. *B* Ein Querschnitt in der Höhe von \ast . *C* Ein Querschnitt in der Höhe von \dagger . Das Sameneiweiss ist hier entfernt (30mal vergrößert).

(als Steckling) zum Stamme werden. — Der eigentliche Stamm tritt bei den Lebermoosen und Laubmoosen zuerst hervor.

Die Stammknospe, deren wesentlichster Theil der freie Vegetationskegel ist, welcher als eine kegelförmige, aus Urparenchym bestehende Erhebung dieselbe abschließt, bildet sich ursprünglich an dem durch geschlechtliche Zeugung entstandenen Keim, wo sie als Plumula auftritt, und von einem, zweien oder mehreren Blättern, den Samenlappen (Cotyledones), umfaßt wird (Fig. 59). Unter diesem Vegetationskegel entstehen nun, in der Regel erst bei der Keimung, neue Blattanlagen, welche sich nach ihrer Altersfolge weiter ausbilden

Fig. 60.



(Fig. 60). — Der Querschnitt durch die Achse des Keimes dicotyledoner Gewächse zeigt schon vor der Keimung eine Sonderung des Markes und der primären Rinde durch den Cambiumring, in welchem meistens erst während der Keimung die ersten Gefäßbündel entstehen. Die Bildung der ersten Gefäßzellen erfolgt darauf im Stamm an der Austrittsstelle der Gefäßbündel ins Blatt, sie geht von da abwärts durch die Achse

bis zur Wurzelknospe und aufwärts in das Blatt bis zu dessen Spitze. — Wie die erste Knospe des Keimes sind auch alle späteren Knospen der Pflanze gebaut, der freie Vegetationskegel ist in allen Fällen der zuerst erscheinende und wesentlichste Theil derselben, die Blätterbildung schreitet immer mit dem Wachsthum des Stammes durch den Vegetationskegel von Unten nach Oben weiter; die jüngste Stammspitze zeigt (mit Ausnahme der Lebermoose und der meisten Moose) ein durch den Cambiumring von der primären Rinde getrenntes Mark und eine Verlängerung der Gefäßbündel im Bereich des Cambiumringes, desgleichen einen Uebertritt derselben in die Blätter.

Nach dem Auftreten der Stammknospe unterscheidet man:

1. Endknospen, 2. Achselknospen und 3. Nebenknospen. Die Endknospe (Terminalknospe) erscheint am Ende eines Stammorgans, demnach als primäre Endknospe an der Keimpflanze

Fig. 60. *Abies pectinata*. Längsschnitt durch die jährige Keimpflanze im Juni. *ct* Die Samenlappen, *a* u. *b* Blätter (Nadeln) des einzigen bald nach der Keimung entstandenen Blattkreises, *c* u. *d* Knospenschuppen der schon geschlossenen Endknospe, *CR* Cambiumring, *G* Gefäßzellen (16 mal vergrößert).

(Fig. 59. p. 83), als secundäre Endknospe dagegen am Ende jedes Zweiges; ihr Vegetationskegel kann sich theilen, so dafs aus einer Endknospe zweie entstehen. Die Achselknospe (Axillarknospe) zeigt sich in der Achsel eines Blattes. Die Nebenknospe (Adventivknospe) endlich kann überall auftreten, wo Gefäßbündel mit einem fortbildungsfähigen Gewebe zusammentreffen; sie erscheint deshalb vorzugsweise am Cambiumring des Stammes und der Wurzel, aber auch in der unmittelbaren Nähe der Gefäßbündel des Blattes einiger Pflanzen und nur in gar seltenen Fällen (im Stamm der *Begonia pyllomaniaca* und *B. Möhringii*) ohne Zuthun eines echten Gefäßbündels. Bei der Bildung der Achsel- und Nebenknospen erscheint zuerst der Vegetationskegel als flache Erhebung, aus Urparenchym gebildet, mit seiner Zunahme treten darauf vom Stamm aus Gefäßbündelzweige in die junge Achselknospe hinüber, während bei der Nebenknospe sich in der unmittelbarsten Nähe der Gefäßbündel des Stammes neue Gefäßbündel bilden. Der aus einer Achsel- oder Nebenknospe entstandene Zweig wächst später im Allgemeinen wie der Zweig der Endknospe und zeigt auch anatomisch keine Unterschiede. Die verloren gegangene Endknospe kann deshalb in den meisten Fällen durch eine Achsel- oder Nebenknospe ersetzt werden. Die Achselknospe bildet sich in der Regel bald nach der Anlage des Blattes, allein sie wird nicht immer sofort weiter ausgebildet, sondern kann bei vielen Pflanzen mehrere Jahre schlummern und sich erst später zum Zweig oder zur Blüthe entwickeln (*Euphorbia canariensis*, *Opuntia Ficus indica*), sie steht immer mit der Markscheide (dem innersten Theile der Gefäßbündel der Dicotyledonen) in Verbindung. Ihre Stellung am Stamm wird überdies durch die Blattstellung geregelt. Die Nebenknospe dagegen hat keine bestimmte Stellung, ihre Gefäßbündel verlaufen nicht bis zum Marke des Stammes, an dem sie entstanden ist, endigen vielmehr bei dicotyledonen Pflanzen im Holzring an dem Orte, wo ihre erste Bildung erfolgte. — Durch Verletzungen, welche zur Heilung eine gröfsere Thätigkeit in Anspruch nehmen, wird das Entstehen der Nebenknospen begünstigt, sie erscheinen deshalb gern auf den Ueberwallungswülsten der Bäume, ferner an geknickten oder sonst verletzten Blattstielen u. s. w. saftiger Pflanzen. Die Nadelhölzer bilden im Allgemeinen nur schwierig Nebenknospen.

Wenn der Vegetationskegel der Stammknospe ohne Unterbrechung fortwächst und unter sich nach einander in der Ausbildung und Function gleiche Blätter erzeugt, so verlängert sich der Stamm ohne Unterbrechung (bei den einjährigen Pflanzen und einigen Tropengewächsen), wenn er dagegen periodisch wächst und, nachdem er eine Zeit lang

die unter ihm angelegten Blätter zu grünen Laubblättern ausgebildet hat, neue Blätter erzeugt, die schuppenartig bleiben, so schließt sich die Knospe (Fig. 61) und ihr Vegetationskegel bildet darauf unter dem Schutz dieser Schuppen (der Knospenschuppen), welche, weil sich die zu ihnen gehörigen Stengelglieder nicht verlängern, in dichter Folge über einander liegen, einen neuen Trieb mit neuen Blattanlagen für das kommende Jahr (Fig. 62). Mit der Winterruhe

Fig. 61.

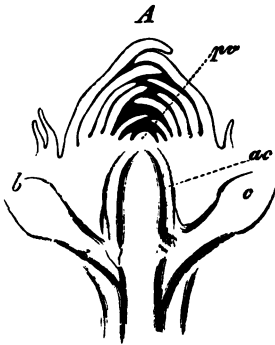
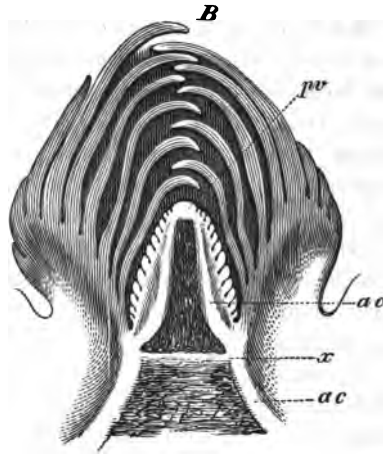


Fig. 62.



schlummert dann die Knospe und erst im Frühjahr tritt der junge, schon im Herbst des vergangenen Jahres vollständig angelegte, Trieb aus der Umhüllung seiner Knospenschuppen hervor, um seine Stengelglieder zu verlängern und seine angelegten Blätter auszubilden (bei der Mehrzahl der dauernden Gewächse unserer Zone und auch bei vielen Tropenpflanzen, z. B. dem Baobab und den Bombax-Arten). Wenn nicht alle Knospenschuppen im Frühjahr abfallen, so bilden sie die Schuppenansätze vieler Nadelhölzer, nach welchen die Förster das Alter eines Zweiges zählen; wenn sie dagegen sämtlich abfallen, so bleiben doch meistens ringförmige Narben zurück (bei

Fig. 61. Längsdurchschnitt durch die Endknospe eines Tannenzweiges, am 27. Juli untersucht. *ac* der Verdickungsring des Zweiges, *b* u. *c* das Mark, den beiden Seitenknospen angehörig, *pv* der Vegetationskegel der geschlossenen Knospe (12mal vergrößert).

Fig. 62. Längsdurchschnitt durch die Endknospe eines Zweiges derselben Tanne, am 26. August untersucht. *ac* Der Verdickungsring, *pv* der Vegetationskegel der Knospe, auf dem jungen Trieb des kommenden Jahres, *x* die Grenze zwischen dem jungen Trieb und dem Zweig (12mal vergrößert).

der Mehrzahl der Laubbölzer). Die Knospen einiger Pflanzen dagegen überwintern ohne Knospenschuppen (*Thuja*, *Cupressus*, *Juniperus*, *Viburnum Lantana*).

Das Aufbrechen der Knospen unserer Bäume erfolgt im Frühjahr zu verschiedener Zeit, der eine Baum treibt früher als der andere, doch ist die Witterung hier von großem Einfluß, indem jede Pflanze zu ihrer Wiederbelebung nach der Winterruhe, wie es scheint, einer bestimmten Wärmemenge bedarf. — Die Ausbildung des jungen Triebes zum Zweige ist dann weiter verschieden und zunächst von dem Grade der Verlängerung seiner Stengelglieder¹⁾ abhängig, indem, wenn selbige verkürzt bleiben, ein verkürzter Zweig mit einem Blätterkranz (Fig. 63 *b*) oder, wie bei den *Pinus*-Arten, mit 2 oder mehreren Nadeln (Blättern) entsteht (Fig. 64), bei Verlängerung der Stengelglieder aber ein schlanker Zweig gebildet wird (Fig. 63 *d*).

Fig. 64.

Fig. 63.

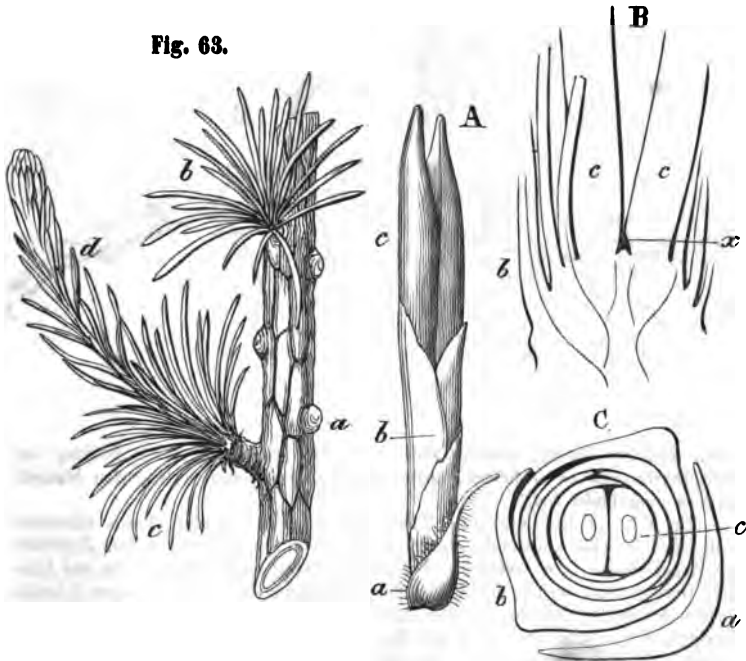


Fig. 63. Ein Zweig der Lerche (*Larix europaea*). *a* Eine Knospe, die nicht zur weiteren Ausbildung gekommen, *b* ein Zweig mit verkürzten Stengelgliedern,

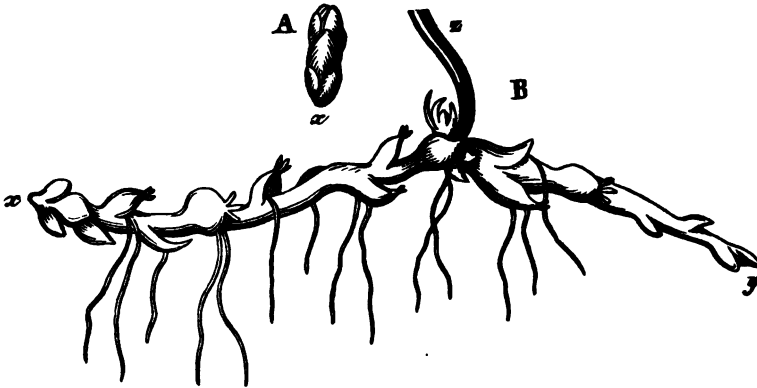
¹⁾ Stengelglied (Internodium) heißt der Stammtheil zwischen zwei in der Höhe auf einander folgenden Blättern.

Wenn sich die Knospe irgend einer Art späterhin von ihrer Mutterpflanze trennt und selbstständig zur neuen Pflanze heranwächst, so wird sie Brutknospe genannt. — Die Zweigknospe und die Blütenknospe sind ursprünglich von einander nicht verschieden, auch giebt es gemischte Knospen, d. h. solche, deren Deckschuppen einen jungen Trieb, der seinerseits schon Blütenknospen angelegt hat, umschließen.

Der Stamm im Allgemeinen.

§. 41. Der Stamm wächst in der Regel dem Licht entgegen, während die Wurzel in der Erde ihre Nahrung sucht. Bei manchen Pflanzen ist ein Theil des Stammes unter und der andere über der Erde. Wenn ein Stamm in der Erde bleibt und aus Seitenknospen überirdische Zweige entsendet, so wird er Wurzelstock (Rhizom) genannt, dessen Blätter in der Regel unentwickelt, schuppenartig, ver-

Fig. 65.



c ein ähnlicher Zweig, welcher aber, statt sich wie bei b durch Bildung von Knospenschuppen zu schließen, später den Zweig (d) mit verlängerten Stengliedern ausgebildet hat.

Fig. 64. A Der verkürzte Zweig der gemeinen Kiefer (*Pinus silvestris*) noch ehe derselbe vollständig entfaltet ist, 8mal vergrößert. a Das Deckblatt der Achselknospe, aus welcher der verkürzte Zweig hervorging, b die aus häufigen Deckblättern, welche der Achselknospe selbst angehören, entstandene Scheide, c eine der beiden Nadeln. B Der Längsschnitt durch die Mitte eines solchen Zweiges, b u. c wie bei A, x der kleine Vegetationskegel zwischen den beiden Nadeln. C Querschnitt durch die Basis eines solchen noch nicht entfaltenen Zweiges. Die Bezeichnung wie bei A u. B. (B u. C sind 20mal vergrößert.)

Fig. 65. *Dentaria bulbifera*. A Eine Brutknospe, in der Achsel eines Blattes entstanden. B Der Wurzelstock aus einer solchen Brutknospe hervorgegangen, x die Basis derselben (vergl. A. x) y die Endknospe, z der überirdische Trieb, aus einer Achselknospe dieses Wurzelstockes.

bleiben, allein durch ihre Gegenwart jederzeit die Stammnatur desselben offenbaren (bei *Corallorhiza*, *Iris*, *Convallaria*, *Zingiber*, *Dentaria*) (Fig. 65). Der innere Bau des Rhizoms ist dagegen im Allgemeinen der Wurzel mehr als dem Stamme verwandt. Vielfach markirt sich die Grenze des Stammes und der Wurzel schon bei der Keimung (Fig. 66), indem die letztere unterhalb der Samenlappen beginnt; in anderen Fällen aber erscheint diese Grenze erst mit dem Punkte, wo die Keimpflanze den Boden verläßt, um ihren Stamm frei in die Luft zu erheben (Fig. 67). In solchem Falle (bei den Nadelhölzern, der Buche u. s. w.)

Fig. 66.

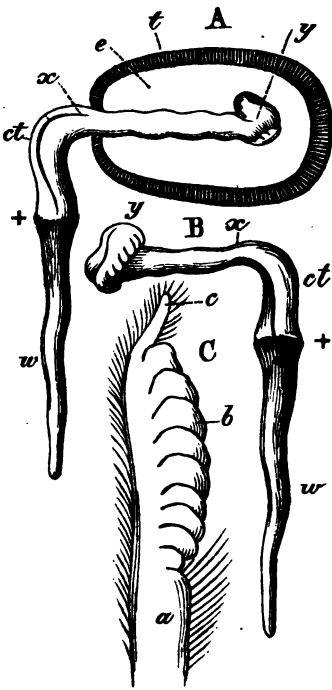


Fig. 67.

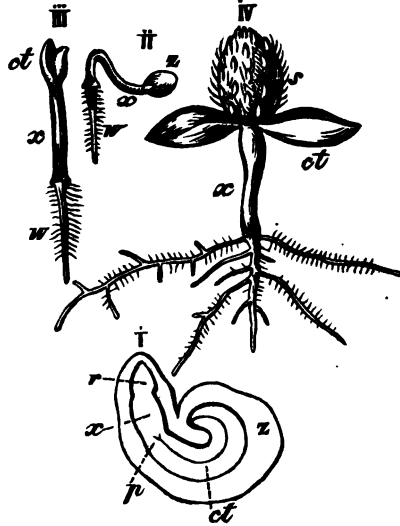


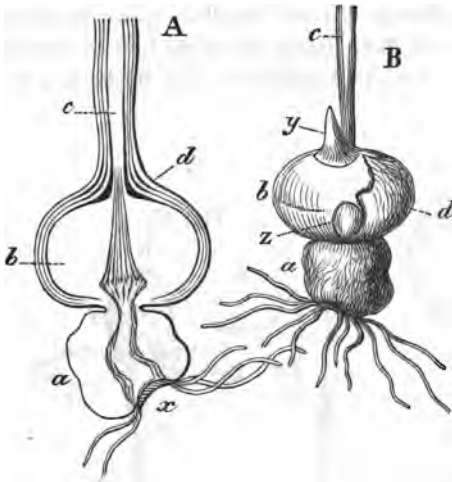
Fig. 66. Keimung von *Zamia spiralis*. A Der Same ist der Länge nach durchschnitten, *t* der innere holzige Theil der Samenschale, *e* das Sameneiweiß. Die beiden Samenlappen (*ct*) des Keimlings sind bei *x* mit einander verwachsen; nur einer derselben ist an seinem Ende (*y*), einem jungen Wedel gleich, ausgebildet. Die Grenze zwischen Stamm und Wurzel (*w*) ist mit + bezeichnet. B Die Keimpflanze freigelegt. Die Bezeichnung wie bei A (beide Figuren in natürlicher GröÙe). C Ein ganz junger Wedel 8 mal vergrößert, *a* der Wedelstiel, *b* die Fiederblätter, *c* das Ende des Wedelstiels.

Fig. 67. *Opuntia Ficus indica*. I Der Same im Längsschnitt, *x* die Keimachse, *p* die Plumula oder Stammknospe derselben, *ct* die Samenlappen, *r* die Radicula oder die Wurzelknospe des Keimlings, *z* die sehr holzige Samenschale

hat man den Theil der Achse zwischen den Samenlappen und dem Erdboden *Cauliculus* genannt.

Die Gestalt des Stammes richtet sich nun, wie schon p. 87 angedeutet ist, zunächst nach der Ausbildungsweise seiner Stengelglieder; wonach wir Stämme mit verkürzten und solche mit verlängerten

Fig. 68.



Internodien unterscheiden. — Die Zwiebel (*bulbus*) ist ein Stamm mit verkürzten Stengelgliedern, von Knospenschuppen umhüllt, entweder aus einem Keim oder aus einer Brutknospe entstanden und zwar als feste Zwiebel (*b. solidus*)

mit angeschwollener Achse (bei *Gladiolus segetum* [Fig. 68] und *Colchicum*), als Schuppenzwiebel (*bulbus squamosus*) aber mit angeschwollenen Knospenschuppen (*Allium*, *Amaryllis*) (Fig. 69). — Die Knolle der Kartoffel,

des Topinambur u. s. w. ist ein angeschwollener unterirdischer Zweig mit mehr oder weniger verkürzten Stengelgliedern (Fig. 70). Die Knollen der Batate, Georgine und der Yams (*Discorea*) dagegen sind Anschwellungen der Wurzel. — Die Knolle der Orchideen ent-

(Vergrößerung 8 mal). ii Der keimende Same bei wagrechter Lage des letzteren in der Erde. iii Etwas später, nachdem sich die Achse (x) aufgerichtet hat und die Samenschale (z) abgestreift ist; die abwärts gehende Pfahlwurzel ist die directe Verlängerung der *Radicula*. iv Eine Keimpflanze nach 3 Monaten. Ueber den nunmehr grofsen, saftigen Samenlappen hat sich der eigentliche Stamm (s) mit seinen kleinen, bald abfallenden Blättern gebildet. Die Pfahlwurzel hat wagrecht streichende Seitenwurzeln entsendet. Die stielrunde Achse (x) hat sich nicht mehr verlängert und nur wenig verdickt, sie gleicht im Bau der Wurzel.

Fig. 68. Die Zwiebel von *Gladiolus segetum*. A Im Längsschnitt, a der Stammtheil, welcher im vergangenen Jahre die Zwiebel bildete, b die Zwiebel, welche zur Zeit einen Blüthenschaft (c) entsendet, d die Blätter, welche an der Basis der Zwiebel entspringen und deren Anschwellung bedecken, x die Basis der alten Zwiebel, aus der die Wurzeln entspringen. B die Zwiebel nach Entfernung der sie umhüllenden Blätter, y die Achselknospe, aus der sich die Zwiebel für das kommende Jahr entwickeln wird, z eine andere Achselknospe, die später von der Mutterpflanze getrennt, sich selbstständig als Brutzwiebel ausbildet, aber erst nach einigen Jahren zur Blüthe kommt, d ein Theil des Blattes, in deren Achsel die zuletzt genannte Knospe entstanden ist.

Fig. 69.

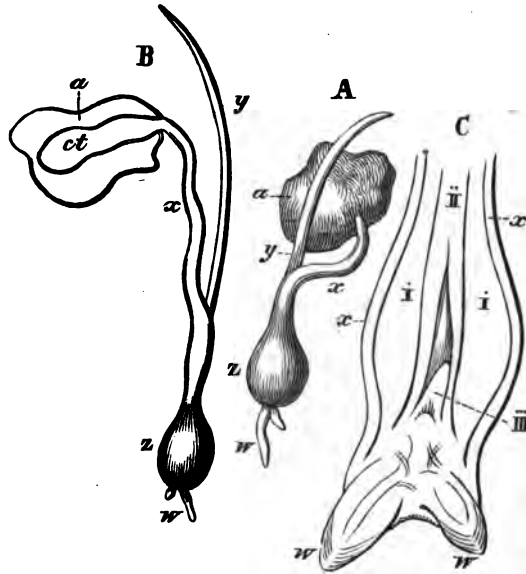


Fig. 70.

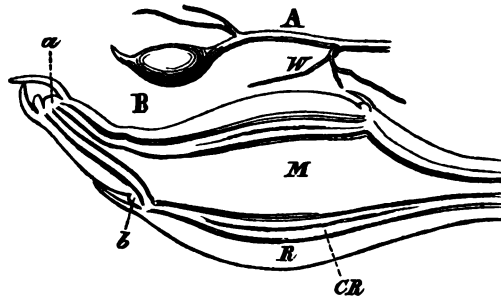
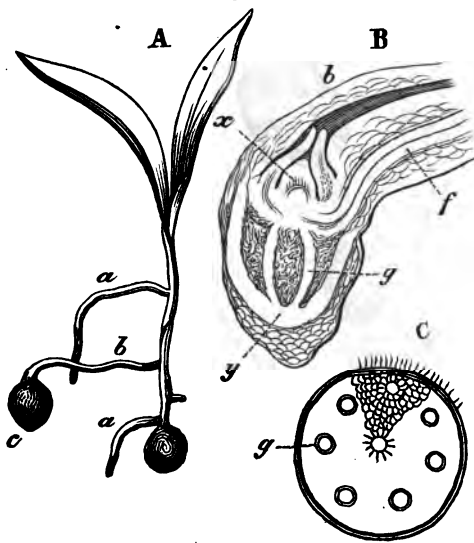


Fig. 69. Keimung der *Amaryllis longifolia*. *A* Eine keimende Pflanze, *a* der fleischige Same, *x* die Verlängerung des Samenlappens, *z* die junge Zwiebel, *y* die ersten Blätter derselben, *w* Nebenwurzeln. *B* Eine ähnliche Keimpflanze, wo der Same durchschnitten ist, *a* das fleischige Gewebe, welches hier das Sameneiweiß vertritt und nach *HORNEMANN* aus der sehr verdickten einfachen Knospenhülle entstanden ist, *ct* der Samenlappen. *C* Längsschnitt durch die junge Zwiebel (4 mal vergrößert), *x* der Scheidentheil des Samenlappens. I, II u. III die 3 ersten Blätter, welche durch ihre Anschwellung die junge Zwiebel bilden.

Fig. 70. *A* Eine ganz junge Kartoffelknolle, *W* die aus der Achsel eines schuppenartigen Blattes hervortretenden Wurzeln des unterirdischen Zweiges. *B* Ein vergrößerter Längsdurchschnitt durch die Mitte der jungen Knolle, *a* die Endknospe der Knolle, *b* eine Achselknospe, *CR* der Verdickungsring, *M* das Mark, *R* die Rinde (Vergrößerung 6 mal).

steht wieder aus einer Achselknospe mit gleichzeitiger Bildung einer Wurzelknospe unterhalb derselben, sie ist deshalb dem Embryo der Dicotyledonen vergleichbar, welcher an der einen Seite mit einer Stamm-

Fig. 71.



knospe und an der anderen mit einer Wurzelknospe endigt (Fig. 71); durch Theilung der letzteren erhält die Orchisknolle eine handförmige Gestalt (*Orchis maculata*), auch kann das Wurzelende der getheilten Knolle als wahre Wurzel weiter wachsen (*Habenaria*). — Die Flachstengel sind Zweige, welche eine flache, blattartige Gestalt besitzen, sich aber durch selbstständige Bil-

dung wirklicher Blätter als Stammgebilde ausweisen und in der Regel aus Achselknospen wieder Zweige oder Blüten bilden. Die Mehrzahl der Pflanzen, welche Flachstengel besitzen, haben außerdem noch einen cylindrischen Hauptstamm (*Ruscus*, *Phyllanthus*), andere dagegen (*Ripsalis* und *Opuntia Ficus indica*) sind nur aus Flachstengeln zusammengesetzt. Die Blätter des Flachstengels sind wenig entwickelt.

Ranken (*Cyrrhi*) und Dornen (*Spinae*) sind zum Theil Zweige eigenthümlicher Art und in diesem Falle mit rudimentären Blättern versehen. Die Ranken dienen als Haftorgane, sie schlingen sich um andere Gegenstände (*Vitis*, *Ampelopsis*). Die Dornen dagegen, deren Vegetationskegel verholzt, erhalten durch ihn eine scharfe Spitze (*Acacia*, *Crataegus*). Aber nicht alle Ranken und Dornen sind Stamm-

Fig. 71. *A* Eine wahrscheinlich einjährige Keimpflanze von *Herminium Monorchis*, *a* und *a* Nebenwurzeln, *b* eine andere Nebenwurzel, welche mit der Knolle (*c*) für das kommende Jahr endigt. *B* Die Knolle *c* im Längsdurchschnitt, *x* die Stammknospe, aus der sich später der Schaft entwickelt, *y* das Wurzelende der Knolle, *b* Theil der Nebenwurzel, die bei ihrer Bildung betheiligt war, *f* das Gefäßbündel derselben, *g* Gefäßbündel der Knolle. *C* Querschnitt der Knolle *c*. Die Gefäßbündel (*g*) bilden hier einen Kreis, in dessen Mitte ein centrales Bündel liegt (*B* u. *C* sind 8mal vergrößert).

gebilde, indem der Blattstiel des zusammengesetzten Blattes (*Pisum sativum*) als Ranke endigen kann, Dornen aber aus Blattgebilden (*Ribes grossularia*) und Nebenwurzeln (*Thrinax*) entstehen können. — Die Wedel der Farnkräuter und Cycadeen werden von Einigen als Zweige, von Anderen als zusammengesetzte Blätter gedeutet, sie bilden offenbar, wie das zusammengesetzte Blatt überhaupt, eine Uebergangsform vom Stamm zum Blatte, indem sie als Seitenorgane eines primären Stammes ihrerseits wieder Seitenorgane (die Einzelblätter) besitzen. — Nach der Richtung kann man aufrechte, liegende, kletternde und hängende Stämme mit vielen Zwischenformen unterscheiden, diese aber bildet mit der Art der Verzweigung die Hauptmomente für den Habitus der höheren Pflanze.

Die Fortbildung oder das Wachsthum des Stammes ist nun bei allen Pflanzen, welche ein Gefäßbündelsystem besitzen, im Allgemeinen dieselbe, indem der Stamm sich überall durch seinen Vegetationskegel verlängert und unter demselben neue Blätter bildet, welche ihre Gefäßbündel immer aus dem Centro des Stammes erhalten. Auch das Dickenwachsthum desselben erfolgt überall durch den Verdickungsring, und zwar bei den Dicotyledonen durch Fortbildung des Holzringes nach Außen und der secundären Rinde nach Innen (p. 66), bei den Monocotyledonen aber durch Vermehrung der geschlossenen Gefäßbündel und Fortbildung des sie umgebenden Parenchyms im inneren Umkreis des Verdickungsringes (p. 64), es giebt keine endogene Stammverdickung, welche früher (nach DESFONTAINES) den Monocotyledonen zugeschrieben wurde. Wohl aber kann man dreierlei Formen des Stammwachsthums unterscheiden:

1. Stämme, welche nur an ihrer Spitze fortwachsen und wenn sie einmal ausgebildet, sich nicht weiter verdicken (Endsprosser, *Acrobryae*), wohin alle Stammkryptogamen gehören.

2. Stämme, welche nicht allein an ihrer Spitze, sondern auch, wenigstens für eine Zeit lang, in ihrem Umkreis wachsen, und bei welchen, so lange die Thätigkeit des Verdickungsringes fortdauert, auch eine Vermehrung der geschlossenen Gefäßbündel im Umkreis der schon vorhandenen durch Theilung stattfindet (Umsprosser, *Amphibryae*); die Monocotyledonen und einige Dicotyledonen mit abnormer Gefäßbündelausbildung.

3. Stämme, welche an ihrer Spitze und in ihrem Umkreis wachsen und deren ungeschlossene Gefäßbündel durch den Verdickungsring mit Hilfe ihres eigenen Cambiums fortwachsen. Solchen Stämmen allein ist ein eigentlicher Holzring und eine secundäre Rinde eigen (Endumsprosser, *Acramphibryae*); die Mehrzahl der Dicotyledonen.

Der Stamm der Kryptogamen.

§. 42. Der Stamm aller Kryptogamen besitzt entweder ein centrales Gefäßbündel (einige Leber- und Laubmoose, desgleichen *Isoetes*, *Selaginella* und die *Rhizocarpeen*) oder einen einfachen Gefäßbündelkreis (p. 62) (die Farnkräuter, *Equisetaceen* und *Lycopodiaceen*). Einmal ausgebildet verdickt er sich nicht weiter, sondern wächst nur an seiner Spitze.

Die Mehrzahl der Laub- und Lebermoose hat kein Gefäßbündel, wo aber ein solches auftritt, besteht es nur aus cambiumartigen Zellen (*Blasia*, *Diplolaena*, *Metzgeria*, *Cinclidium*). *Sphagnum* hat einen Verdickungsring, welcher das Mark von der Rinde scheidet, aber frühzeitig verholzt. — Der Stamm der Laub- und Lebermoose bleibt einfach oder wird verzweigt, und zwar erfolgt die Knospenbildung sowohl durch Theilung des Vegetationskegels, als auch durch Achselknospen, welche meistens in der Achsel der Bauchblätter (*Amphigastrien*) entstehen. Die laubigen Lebermoose erinnern noch durch die Form ihres platten, oftmals gelappten, Stengels an das Lager der Flechten, sind aber dennoch mit Blättern versehen (*Blasia*, *Marchantia*).

Der Stamm der Farnkräuter ist schon höher entwickelt, seine niemals fehlenden Gefäßbündel sind häufig von verholztem Parenchym umschlossen (Fig. 48. p. 62). Die Anlage der Wedel tritt gleich den Blättern unter dem Vegetationskegel hervor, sie sind im jugendlichen Zustande wie eine Uhrfeder aufgerollt und wachsen an der Spitze, so daß die Bildung der Einzelblätter von unten nach oben stattfindet. Der Stamm bleibt überhaupt in der Mehrzahl der Fälle unverzweigt, das kletternde Rhizom der *Davallia canariensis* verzweigt sich dagegen durch Theilung seines Vegetationskegels. Bei unseren Farnkräutern mit meistens sehr verkürzten Stengelgliedern bleibt der Stamm in oder an der Erde, unter den Tropen erhebt er sich aber zu einer beträchtlichen Höhe und ist in diesem Falle häufig mit Luftwurzeln bedeckt.

Bei den *Equisetaceen*, welche einen aus cylindrischen Gliedern bestehenden Stengel mit schuppenartigen, an ihrer Basis ungetrennten, zu einem Kranz vereinigten, Blättern besitzen, entspringen die quirlförmig gestellten Zweige aus Nebenknospen am Gefäßbündelring innerhalb der Rinde und durchbrechen später die Blattbasis. Wirkliche Achselknospen sind hier nicht bekannt. Der endständige ährenförmige Fruchstand setzt dem Wachsthum des Stammes über der Erde ein Ziel, während Nebenknospen des Wurzelstocks die Pflanze erhalten. Die *Equisetaceen* sind durch den Kieselgehalt ihrer Rinde ausgezeichnet.

Die ächten *Lycopodiaceen* haben einen Gefäßbündelkreis, *Isoetes* und *Selaginella* dagegen ein centrales Gefäßbündel. Bei *Isoetes* bleibt der Verdickungsring fortdauernd thätig, allein derselbe sorgt nur für die Rinde, welche in demselben Grade, wie sie von Außen her abstirbt, von Innen her wieder ersetzt wird. Der Stamm mit sehr verkürzten Stengelgliedern wächst nur sehr wenig in die Länge. *Selaginella* dagegen hat ein centrales Gefäßbündel, das in einem luft-erfüllten, von der Rinde umschlossenen, Cylinder liegt; ihr Stamm wächst bedeutend in die Länge und verzweigt sich durch Theilung des Vegetationskegels. — Der Stamm der *Rhizocarpeen* endlich mit centralem Gefäßbündel bildet einfache oder zusammengesetzte Blätter, die, gleich dem Farnwedel, im jugendlichen Zustande wie eine Uhrfeder aufgerollt erscheinen.

Der Stamm der Monocotyledonen.

§. 43. Der Stamm der Monocotyledonen verdickt sich nur in seltenen Fällen für die ganze Dauer seines Lebens (*Dracaena*, *Pandanus*, *Yucca* und viele Palmen); meistens ist sein Dickenwachsthum nur auf eine bestimmte Zeit beschränkt.

Bei einigen Wasserpflanzen erscheint ein centrales Gefäßbündel (*Najas*, *Caulinia*, *Anacharis*), in allen übrigen Fällen treten geschlossene zerstreute Gefäßbündel im Innern des Stammes auf, welche sich mit der Dickenzunahme des letzteren durch den Verdickungsring im Umkreis der vorhandenen Bündel durch Theilung vermehren. Die Theilung der Bündel ist bei *Epipogon* am leichtesten nachzuweisen (Fig. 52. p. 65). Der Stamm der Monocotyledonen hat, da ihm ein geschlossener Holzring im Sinne der Dicotyledonen fehlt, auch kein scharf umschriebenes Mark, aber dennoch ist das Centrum desselben entweder ganz frei von Gefäßbündeln oder doch sparsamer von ihnen durchsetzt und von einem weitzelligen dünnwandigen Parenchym erfüllt, das oftmals Stärkmehl führt (*Metroxylon Rumphii*) und häufig später verschwindet (im hohl gewordenen Stengel vieler Gräser), während um dieses centrale Mark sich die Gefäßbündel immer dichter zusammendrängen und auch das dieselben trennende Parenchym kleinzelliger und stärker verdickt erscheint, so daß dieser Theil in vielen Fällen als Holzring aufgefaßt werden kann (p. 70) und oftmals an Härte das Holz der Dicotyledonen übertrifft (bei *Dracaena* [Fig. 45. p. 59], *Oenocarpus*, *Metroxylon*, *Astrocaryum*, *Phönix*, *Calamus*, *Bambusa*). In diesem Holzring aber fehlen die secundären Markstrahlen der Dicotyledonen, wohl aber kann man das die geschlossenen Gefäßbündel trennende Parenchym den primären Markstrahlen vergleichen (p. 47).

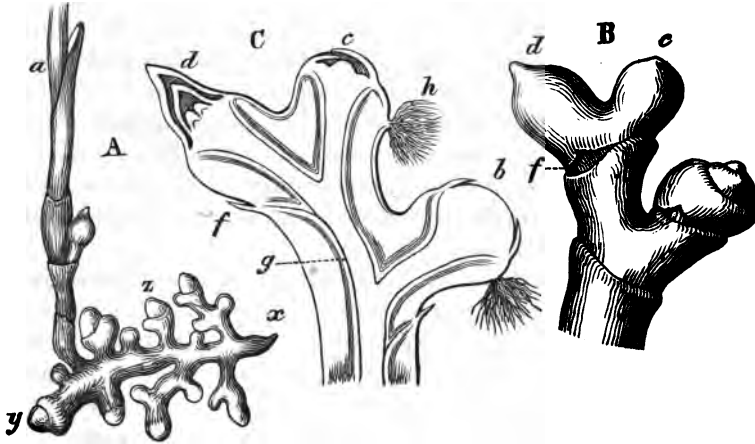
Die Rinde der Monocotyledonen ist überall durch die einfachere Anordnung ihrer Theile und das Fehlen der Markstrahlen in derselben von der dicotyledonen Rinde zu unterscheiden; es scheint überhaupt, als ob bei der Fortbildung der Gefäßbündel nach monocotyledoner Weise der Verdickungsring nur in sehr beschränktem Grade auf die Vermehrung der Rinde einwirkt, diese dagegen als primäre Rinde dauernd lebendig verbleibt und so durch Zellenvermehrung und Ausdehnung dem Dickenwachsthum der inneren Theile zu folgen vermag, und daß auch bei denjenigen Dicotyledonen, bei welchen die Gefäßbündelvermehrung mehr dem monocotyledonen Typus folgt (*Bougenvillea*, *Beta*), eine Vermehrung der Rinde nur in beschränktem Grade stattfindet. Den Monocotyledonen würde danach die secundäre Rinde fehlen. Ihre Rinde besteht auch wirklich in vielen Fällen nur aus Parenchym (*Dracaena* [Fig. 45. p. 59], *Limodorum* [Fig. 53. p. 65]), bei anderen Pflanzen finden sich wieder in ihr zerstreute, in sich abgeschlossene, Bastbündel, welche sich gleich den Gefäßbündeln im Innern des Stammes durch Theilung vermehren, mit letzteren durch die Wurzeln in Verbindung stehen und mit denselben in's Blatt hinübertreten (*Pandanus*, *Phönix*, *Chamaedorea*), so daß man hier ein centrales und ein peripherisches Gefäßbündelsystem annehmen und damit wahrscheinlich auch ein Dickenwachsthum der Rinde voraussetzen darf (p. 64).

Vielfach ist Kieselsäure in die Oberhaut und in die Zellen überhaupt aufgenommen (bei den Gräsern und bei *Calamus*), bei den Palmen und *Dracaenen* dagegen schützt eine Korkbildung die Rinde, eine wahre Borke ist mir dagegen für die Monocotyledonen unbekannt.

Bei den Stengeln mit Gelenkknoten, die meistens im Innern hohl werden, entspringen die Wurzeln in der Region des Knotens. Wenn die Blätter, was häufig der Fall ist, stengelumfassend sind und in ihrer Achsel nur eine Knospe schützen, so erscheint die letztere immer in der Mittellinie des Blattes. Die Stämme vieler Monocotyledonen sind einjährig (die Mehrzahl der Gräser), andere dagegen erreichen ein hohes Alter und eine bedeutende Größe (die Dattelpalme wird 80 bis 100 Fufs hoch, der Drachenbaum zu *Orotava* ist etwa 70 Fufs hoch und sein am Grunde über 80 Fufs im Umfang haltender Stamm bekanntlich eines der ältesten Denkmäler in der Pflanzenwelt). Die meisten Palmen verzweigen sich gar nicht, der Drachenbaum kommt erst, wenn seine Endknospe zur Blüthe geworden, zur Verzweigung, andere Monocotyledonen dagegen bilden aus Achselknospen reichlich Zweige (*Pandanus*). Durch letztere und durch Theilung der Endknospe verzweigt sich auch das Rhizom des *Epipogon* und der *Corallorhiza* (Fig. 72). Eine

Zweighbildung aus Nebenknospen ist mir dagegen für die Monocotyledonen nicht bekannt. Der Wurzelstock ist bei den Monocotyledonen sehr verbreitet und oftmals ausdauernd, wenn die überirdischen Stämme

Fig. 72.

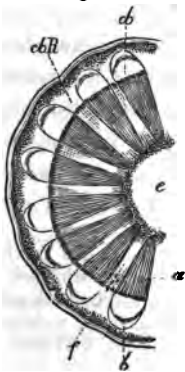


einjährig sind (*Arundo Donax*, *Saccharum*, viele Orchideen), sein Bau hat häufig mehr Aehnlichkeit mit der Wurzel als mit dem Stamme.

Der Stamm der Dicotyledonen.

§. 44. Der Stamm der Dicotyledonen verdickt sich während seiner ganzen Lebensdauer durch den Cambiumring und ist, bei normalem Wachstum, mit einem Gefäßsbündelkreis versehen,

Fig. 73.



welcher ein centrales Mark umschließt, in dem nur in seltenen Fällen zerstreute Gefäßsbündel auftreten (bei einigen *Begoniaceen*, *Cucurbita*, *Phytolacca dioica*, *Cycas*). Der Gefäßsbündelkreis um dasselbe ist strahlenartig von primären Markstrahlen, welche die einzelnen primären Bündel trennen (Fig. 73) und von secundären Markstrahlen, welche durch Theilung dieser Bündel selbst entstanden sind (Fig. 32. p. 48), durchsetzt. Der Cambiumring trennt hier außerdem den inneren Theil der nicht geschlossenen Gefäßsbündel als Holzring von dem äußeren Theil, der den Bast-

Fig. 72. Der Wurzelstock der *Corallorrhiza innata*. A In natürlicher GröÙe, a der Blüthenschaft, aus einer Achselknospe entstanden, x das Wurzelende, welches sich nicht weiter ausbildet, y das Stammende, welches gleich den Seiten-Spross, Grundriß.

ring oder die secundäre Rinde bildet. Beide Theile wachsen durch ihn weiter (p. 59). Das dicotyledone Gefäßsbündel theilt sich deshalb im normalen Falle nicht wie das monocotyledone Bündel an seiner äußeren Seite, es bleibt vielmehr in dieser Richtung ein Ganzes, zerspaltet sich aber seitlich, wodurch die secundären Markstrahlen entstehen und jedes primäre Bündel auf dem Querschnitt die Gestalt zweier gleichschenkliger Dreiecke erhält, welche mit ihrer Basis gegen einander im Verdickungsringe liegen, während die Spitze des inneren Dreiecks das Mark, die Spitze des äußeren aber die primäre Rinde berührt (Fig. 46. p. 59), was jedoch nur bei wenigen Pflanzen für die Dauer deutlich bleibt, weil die Mehrzahl sehr bald die äußere Rinde verliert, oder die Verhältnisse der secundären Rinde weniger klar als die des Holzringes auftreten.

Das centrale Mark besteht fast einzig und allein aus Parenchym, welches dünnwandig, aber auch dickwandig sein kann, und häufig Stärkmehl führt. Von der Markscheide (corona medullaris) oder den innersten, ältesten Theilen der Gefäßsbündel umgrenzt, enthält dasselbe bisweilen Bastzellen oder Milchsaftgefäße (Gomphocarpus, Euphorbia), wird auch gar häufig durch späteres Vertrocknen hohl (Carica, Poinsettia, Cecropia, Cicuta).

Bei den krautartigen Pflanzen bleibt auch der innere Theil des Gefäßsbündelkreises dünnwandig und unverholzt, indem hier die eigentlichen Holzzellen nicht zur vollen Ausbildung gelangen; bei allen Gewächsen mit holzigem Stamm dagegen bildet der innere Theil des Gefäßsbündelkreises den Holzring der Dicotyledonen, in welchem bei periodischem Wachsthum der Pflanzen die Jahresringe auftreten, die bei den Nadelhölzern besonders scharf markirt sind (Fig. 54. p. 67), indem hier im Frühjahr (im Querschnitt) quadratische und schwächer verdickte, im Herbst aber tafelförmige und stark verdickte Holzzellen entstehen, was bei den Laubbölzern gleichfalls, aber weniger deutlich, hervortritt. — In der primären Rinde, die, wie bei den Monocotyledonen, nur aus Parenchym besteht, liegen die Harzgänge der Nadelhölzer, welche sich nur in seltenen Fällen (bei Larix) auch in der

trieben (z) weiter treibt. *B* Ein Seitentrieb 10fach vergrößert, *c* und *d* durch Theilung des Vegetationspunktes entstandene Knospen, *f* Ueberrest der schuppenförmigen Blätter. *O* Längsschnitt durch einen Seitentrieb, *b* der Vegetationskegel vor der Theilung, *c* ein solcher sich in 3 Theile theilend, *d* ein anderer, welcher bereits durch Theilung 2 Knospen gebildet hat, *f* Blatt, *g* Gefäßsbündel, *h* Wurzelhaare (10mal vergrößert).

Fig. 73. Theil eines Querschnittes durch einen jungen Zweig von *Cocculus laurifolius*. *a* Holzkörper der Gefäßsbündel, *b* Basttheil derselben, *c* *b* Cambium des Gefäßsbündels, *c* *b* *R* Verdickungsring, *e* Mark, *f* ursprünglicher (primärer) Markstrahl (25mal vergrößert).

secundären Rinde entwickeln, letztere aber wächst selten mit dem Holzring in gleichem Grade, bleibt vielmehr in der Regel hinter ihm zurück. Auch erhält sich nur selten die ganze Rinde für die Lebensdauer der Pflanze (*Fagus silvatica*) und bewahrt selbst in diesem Falle noch seltener ihre ursprüngliche Oberhaut (*Viscum album*), wird dagegen häufiger durch Kork oder Periderma bekleidet (*Quercus Suber*, *Abies pectinata*); viel öfter verliert sie, durch das Auftreten einer Korkschrift im Innern der Rinde, nach einander die nach Außen gelegenen Theile, welchen nunmehr die Saftzufuhr benommen ist, so daß sich Borke (*rhytidoma*) bildet. — Die Risse der Rinde aber entstehen dadurch, daß die äußeren bereits abgestorbenen Theile derselben (Kork oder Borke) der Ausdehnung des Stammes nicht mehr zu folgen vermögen. Die Buche behält für immer und die Tanne, so lange sie keine Borke bildet, einen glatten Stamm.

Für den Bau des Holzes hat man nun zunächst Folgendes zu beachten: 1. Das Vorkommen der Gefäße in demselben (allen wahren Nadelhölzern fehlen dieselben und sind durch eigenthümliche Holzzellen ersetzt, bei *Ephedra* und *Gnetum* erscheinen die Gefäße wieder, welche allen übrigen Dicotyledonen eigen sind). 2. Die Anordnung der secundären Markstrahlen, ob selbige einerlei oder verschiedener Art sind, d. h. ob schmale und breite Markstrahlen neben einander vorkommen (bei den Nchten *Cupuliferen*). 3. Die Breite und Länge der Markstrahlen (schmale, meistens einreihige, Markstrahlen besitzen die Coniferen, breite und kurze Markstrahlen dagegen sind vielen Leguminosen eigen). 4. Das Vorkommen von Harzgängen oder Harzzellen im Holz, welches nur auf die Nadelhölzer beschränkt ist (die *Cupressineen* und *Taxineen* besitzen Harzzellen). 5. Die Gegenwart eines Holzparenchyms, das Stärkmehl oder Kohlenhydrate führt, und dessen Anordnung zwischen den übrigen Theilen des Holzes (das Holzparenchym fehlt keinem Laubholz, ist aber bei einigen nur sehr sparsam vertreten). 6. Den Bau der Gefäße *a*) mit rundem Loch in der Querwand (*Quercus*, *Fagus*), *b*) mit leiterförmiger Durchbrechung (*Betula*, *Alnus*; selteneres Vorkommen), *c*) mit einer oder mit zwei Reihen runder Löcher in der Querwand (nur bei *Ephedra* und *Rhizophora*), *d*) getüpfelte Gefäße mit Spiralband (*Tilia*, *Carpinus*, *Vaccinium*). 7. Den Bau der Holzzellen *a*) mit einer Tüpfelreihe (das Stammholz aller Nadel- und Laubbäume; das Wurzelholz der Nadelhölzer mit doppelt bis 4 mal so breiten Zellen, besitzt 2 — 4 Tüpfelreihen), *b*) mit Tüpfeln und Spiralband (*Taxus*, *Vitis*, *Visnea*). — Durch den Bau der Markstrahlzellen selbst kann man wiederum die Nadelhölzer unterscheiden, indem bei *Pinus* die Zellenreihen der Mitte anders als die oberen und

Fig. 74.

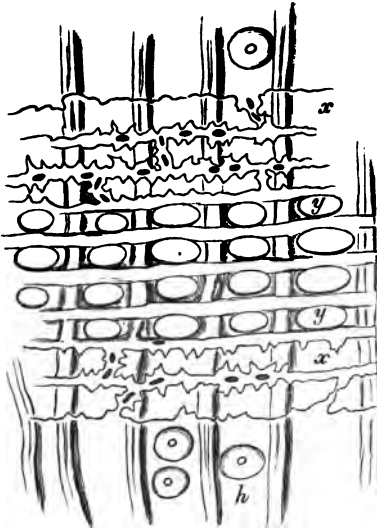
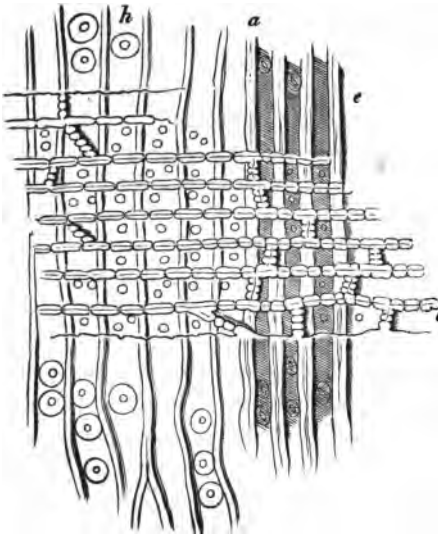


Fig. 75.



unteren Reihen gebaut sind (Fig. 74), was bei *Picea* und *Abies* nicht der Fall ist (Fig. 75).

Die Härte und Festigkeit des Holzes ist zum Theil durch die Verdickung und Verholzung seiner Zellen und durch die Einlagerung anorganischer Stoffe (Kalk, Kieselsäure, bei *Tectona*) bedingt, zum Theil aber auch durch den geschlungenen Verlauf der Holzbündel um die Markstrahlen veranlaßt. Das maserige Holz spaltet deshalb schwieriger als das Holz mit geradem Verlauf der Holzbündel (Fig. 33 u. 34. p. 48). Das Kernholz oder innere, schon saftlose, Holz eines Stammes ist überdies in der Regel härter und dunkler gefärbt als das jüngere Holz, welches man, so lange seine Markstrahlen noch Säfte führen, Splint nennt, woran zunächst chemische Veränderungen, die mit dem allmäligen Verschwinden des Saftes eintreten, Schuld sind.

Für die Rinde hat man zwei Theile zu unterscheiden: 1. Primäre Rinde, welche ohne Zuthun des Verdickungsringes entstanden

Fig. 74. Radialer Längsschnitt durch das Holz der Kiefer (*Pinus silvestris*)
 h Frühlingsholz, d. h. Holzzellen im Frühling entstanden, x, x Markstrahlzellen mit eigenthümlicher Verdickung und kleinen Tüpfeln, y, y Markstrahlzellen mit sehr großen Tüpfeln, welche Löchern gleichen (200 mal vergrößert).

ist und anfänglich von einer Epidermis umkleidet wird, aber häufig schon in den ersten Jahren als Borke abgeworfen wird. Das Parenchym derselben enthält meistens Nahrungsstoffe und Blattgrün. 2. Secundäre Rinde, welche dem Basttheil des Gefäßbündels ihr Entstehen verdankt und in ähnlicher Weise wie der Holztheil von Markstrahlen durchsetzt wird. Für den Bau der Rinde aber, die leider noch weniger als das Holz untersucht ist, hat man Folgendes zu beachten:

1. Rinde ohne Borkenbildung (*Viscum*, *Ilex*, *Fagus*, *Quercus* *Suber*).
2. Mit Borkenbildung, *a*) dieselbe erfolgt schon im zweiten Jahre (*Vitis*), *b*) erst nach 10 bis 30 Jahren (*Salix*, *Populus*), *c*) nach 50 bis 100 Jahren (*Abies pectinata*).
3. Mit glattem Lederkork bedeckt, *a*) derselbe nicht abblättern (*Fagus*, *Carpinus*, *Abies pectinata*), *b*) derselbe in Schichten abblättern (*Betula alba*, *Prunus Cerasus*).
4. Rinde von einem rissigen Kork bedeckt (alle Korkbäume).
5. Mit rissiger Borke, *a*) dieselbe schuppenartig abblättern (*Pinus silvestris*, *Plantanus orientalis*), *b*) dieselbe nicht abblättern (*Quercus Robur*, *Populus*).
6. Rinden, welche nur einmal verholzte Bastzellen bilden (*Fagus*, *Betula*).
7. Solche, die auch später verholzte Bastzellen nachbilden (*Juniperus*, *Cupressus*).
8. Rinden, welche in den ersten Lebensjahren keine verholzte Bastzellen besitzen (die Abietineen).
9. Mit langgestreckten, verzweigten und verholzten Zellen im älteren Theile der Rinde (*Abies*, *Larix*, *Pereskia*).
10. Mit stark verholzten Parenchymzellen (*Fagus*, *Carpinus*).
11. Ohne verholztes Parenchym (*Tilia*, *Populus*, *Salix*).
12. Mit Harzgängen in der primären Rinde (*Abies*, *Pinus*, *Picea*, *Larix*, *Myrsine*).
13. Mit Gummigängen (*Kleinia*, *Opuntia*).

Auch die parenchymatischen Zellen der secundären Rinde sind zu gewissen Zeiten reich an Nahrungsstoffen, in ihnen und im Holzparenchym und den Markstrahlen des Holzes speichert sich zunächst das Stärkmehl an, welches im Frühjahr aufgelöst den Pflanzen beim Erwachen des Lebens die erste Nahrung liefert. Das Rindenparenchym enthält auch bei den meisten Pflanzen Gerbsäure (namentlich im Frühling), desgleichen in bestimmten Zellenreihen Krystalle. Bei *Moquilea* und *Petraca* sind alle Zellen der älteren Rinde verkieselt. — Wenn die Rinde entfernt wird, so kann sie sich nur bei luftdichtem Verschluss der Wunde durch das Cambium wieder ersetzen, sobald dagegen das letztere vertrocknet, stirbt auch das Holz unter der Wunde. — Am Cambiumring erfolgt ferner die Verwachsung des Pflöpfreises oder der zum

Fig. 75. Radialer Längsschnitt durch das Holz von *Abies pectinata*. *a* Die Grenze eines Jahresringes, rechts von dieser Grenze Herbstholz, links Frühlingholz (*h*), *c* die Zellen der Markstrahlen (200mal vergrößert).

Fig. 76.

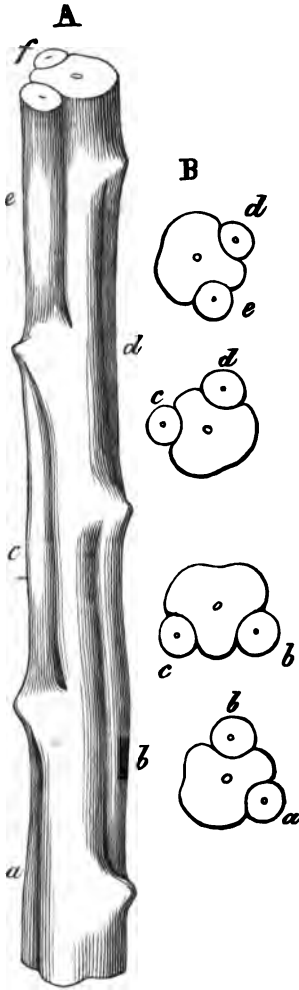
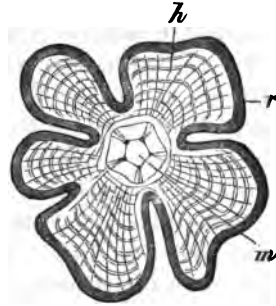


Fig. 77.



Oculiren verwendeten Knospe mit dem Wildling, durch ihn geschieht gleichfalls die Ueberwallung oder das allmähliche Verschliessen des Stamm- oder Aststumpfes durch Holz- u. Rindenbildung.

Bei den dicotyledonen Gewächsen ist die Erzeugung der Knospen ungleich verbreiteter als bei den Monocotyledonen. Mit Ausnahme der Nadelhölzer hat fast jedes Laubblatt seine Achselknospen, welche jedoch auch hier nicht in allen Fällen zur Ausbildung gelangen. Nebenknospen können ausserdem unter günstigen Umständen fast überall am Stamm entstehen; ebenso bilden sich, mit Ausnahme der Nadelhölzer, am Stamm leicht Wurzelknospen, worauf die Vermehrung durch Stecklinge beruht. Knospen, welche in der Rinde bleibende Zweige bilden, die in regelmäßiger Anordnung entstehen und eben so regelmässig wieder zum Hauptstamm zurückkehren, finden

Fig. 76. *A* Ast einer *Sejania* im verkleinerten Mafsstabe, *a*, *b*, *c*, *d*, *e* u. *f* die seitlich von der Hauptachse frei werdenden und wieder, nach Ueberspringung eines Stengelgliedes, zu ihr zurückkehrenden Nebenachsen. *B* 4 ideelle Querschnitte, aus der Mitte des betreffenden Stengelgliedes genommen, woraus man ersieht, daß hier immer 2 Nebenachsen frei sind. Das Freiwerden derselben erfolgt nach einer links gewundenen Spirale. Die Rinde des Astes ist entfernt.

Fig. 77. Durchschnitt des Stammes von *Cassia quinquangularis*. *m* Mark, *h* Holz, *r* Rinde.

sich nur bei einigen tropischen Schlingpflanzen (Fig. 76), deren abnormer Holzbau überhaupt viel Interessantes gewährt (Fig. 55. p. 68). — Bei normalem Wachsthum des Gefäßbündelringes wird der dicotyledone Stamm walzenförmig, bei einer vorwaltenden Ausbildung desselben an bestimmten Stellen dagegen erhält er eine flache, kantige oder gerippte Gestalt (Fig. 77).

Der Stengel vieler krautartigen Gewächse ist einjährig, der Stamm der Bäume dagegen kann zu einem sehr hohen Alter gelangen. Die *Wellingtonia gigantea* (der californische Riesenbaum) erreicht eine Höhe von mehr als 360 Fufs und einen Stammumfang von etwa 90 Fufs, die *Adansonia digitata* und das *Taxodium distichon* (der Baum zu Sta. Maria del Tule) werden noch dicker, aber nicht so hoch.

XII. Das Blatt.

Das Blatt im Allgemeinen.

§. 45. Das Blatt entsteht unter dem Vegetationskegel eines Stammes; es kann aus sich keine neue Blätter bilden, weil ihm selbst der Vegetationskegel mangelt und ist als ein Seitenorgan des Stammes, bestimmt dessen thätige Oberfläche zu vermehren und, gleich der grünen Rinde, der Pflanze Luftnahrung zuzuführen, während es selbst vom Stamm aus Bodennahrung erhält. — Das Wachsthum des Blattes erlischt an seiner Spitze zuerst, es wächst an seiner Basis und nach der Vertheilung der Gefäßbündel gleichzeitig an verschiedenen Theilen seiner Fläche weiter, bis es seine volle Ausbildung erreicht hat. Seine Lebensdauer ist verschieden, es trennt sich früher oder später vom Stamm. — Wenn im Gewebe des Blattes eine Stammknospe oder eine Wurzelknospe entsteht, so kann sich auf demselben eine neue Pflanze bilden, direct aber kann das Blatt weder zum Stamm noch zur Wurzel werden.

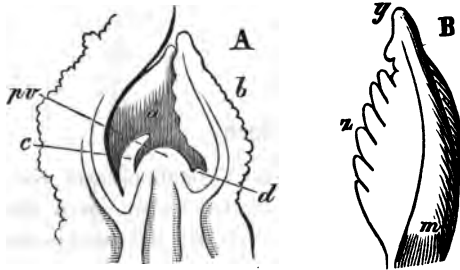
Bei den Laub- und Lebermoosen begegnen wir zuerst dem wirklichen Blatte und hier, wie überall, zeigt sich der Anfang desselben unter dem Vegetationskegel der Stammknospe als eine aus wenigen Zellen bestehende Erhebung, die, wenn sie etwas größer geworden, zuerst an ihrer Spitze aufhört neue Zellen zu bilden, und namentlich an ihrem unteren Theile, aber nach den verschiedenen Blattgestalten auch an anderen Orten der Blattfläche, fortwächst. Bald nach dem ersten Auftreten des Blattes als wulstförmige Erhebung um den Vegetationskegel treten aus der Mitte des Stammes Gefäßbündel in das

Blatt hintüber und wachsen mit demselben nach der Art seiner ferneren Ausbildung.

Von der räumlichen Ausdehnung, welche ein Blatt zu seinem Entstehen unter dem Vegetationskegel bedarf, ist nun auch die ursprüngliche Stellung der Blätter am Zweige abhängig, so daß ein stengelumfassendes Blatt nur allein, ein halbstengelumfassendes aber mit einem anderen auf gleicher Höhe unter dem Vegetationskegel entstehen kann u. s. w., welches Verhältniß mit eine Ursache der regelmäßigen Blattstellung abgiebt. In der Achsel des jungen Blattes zeigt sich bald nach der Anlage des letzteren vielfach auch die junge Knospe, die in ihrem ersten Auftreten von einer jungen Blatt-

anlage nicht zu unterscheiden ist und wie diese aus Urparenchym besteht, sich aber bei ihrer weiteren Ausbildung sofort als Stammorgan charakterisirt (Fig. 78). Die Bildung eines Blattes in der Achsel eines anderen ist dagegen gänzlich unbekannt.

Fig. 78.



Man kann 4 Arten der Blätter unterscheiden:

1. Keimblätter, 2. Knospenschuppen, 3. Laubblätter und 4. zur Blüthe gehörige Blätter.

Die Keimblätter.

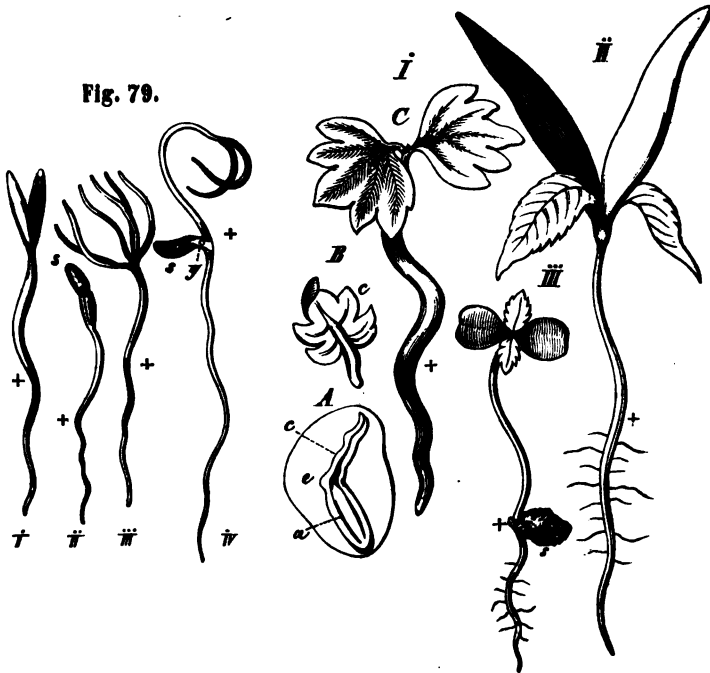
§. 46. Die Keimblätter oder Samenlappen (Cotyledones) sind die ersten Blattorgane einer durch geschlechtliche Zeugung entstandenen Pflanze und deshalb schon am Embryo vor seiner Keimung vorhanden. Es giebt nur wenig phanerogame Pflanzen ohne Keimblätter (die Orchideen, Orobanchen, Monotropa, Pyrola, Rafflesia, Hydnora), dagegen eine große Abtheilung, welche nur mit einem Samenlappen keimt, die Monocotyledonen, und wieder eine andere, die mit 2 Keimblättern versehen ist, die Dicotyledonen (Fig. 79), daneben aber Pflanzen, welche 4 — 12 auf gleicher Höhe stehende Keimblätter besitzen, die Abietineen,

Fig. 78. *Alnus glutinosa*. A Die Spitze eines Zweiges im Frühling als Längsdurchschnitt, *pv* der Vegetationskegel, *a* das eine der Nebenblätter des Blattes *b*, *c* ein viel jüngeres Blatt, *d* die Knospe, welche bereits in der Achsel des Blattes *b* entstanden ist. B Ein etwas späterer Zustand eines Blattes, *m* der Mittelnerv, *y* der Endzahn, *z* die Zähne des Blattrandes (40mal vergrößert).

und wieder andere zu den Dicotyledonen gezählte Gewächse, die nur einen Samenlappen haben (Cyclamen, Pinguicula, Trapa).

In der Weise eines Blattes unter dem Vegetationskegel der Stammknoepe des Keimes entstanden (Fig. 59. p. 83), ist der Bau und die

Fig. 80.



Gestalt der Keimblätter nach der Function derselben für die junge Pflanze verschieden.

Man hat hier insbesondere zwei Fälle zu unterscheiden: 1. Ob die Keimblätter bei der Keimung immer im Samen verbleiben und

Fig. 79. I Keimpflanze von Thuja, II u. III Keimpflanze von Pinus silvestris, IV Keimpflanze von Ephedra, s der Same, welcher bei Thuja und Pinus über die Erde gehoben und wenn sein Sameneiweiß verbraucht ist, abgestreift wird (II), bei Ephedra dagegen in der Erde verbleibt, obschon die beiden Samenlappen wie bei Thuja hervortreten. Der obere Theil des Sameneiweißes, welcher bei Ephedra mit der Kernwarze (y) hervortritt, vermittelt die Ernährung durch das Sameneiweiß. + Die Grenze zwischen Stamm und Wurzel.

Fig. 80. Keimung. I Tilia europaea. A Der Same im Längsschnitt, a die Achse des Keimes, c Samenlappen, e Sameneiweiß. B Der Keim aus dem Sameneiweiß herausgenommen. C Junge Keimpflanze mit gespaltenen Samenlappen, II Die Keimpflanze von Acer platanoides, III die Keimpflanze von Ulmus campestris. + Die Grenze des Stammes und der Wurzel.

2. ob sie bei derselben sofort oder erst später hervortreten. Wenn sie niemals den Samen verlassen, so fragt sich weiter: *a*) ob sie ein Sameneiweiß zu verzehren haben, in welchem Falle sie sich während der Keimung vergrößern und in gleichem Maße als sie wachsen das Sameneiweiß verzehren (die Palmen, *Dracaena*), oder nur dessen entleerte Zellen verdrängen (die Gramineen), oder ob sie *b*) einfach durch die in ihnen selbst aufgespeicherten Nahrungsstoffe die junge Keimpflanze ernähren und nach dem Verschwinden ihrer Reservestoffe vergehen (*Quercus*, *Castanea*, *Laurus*). In beiden Fällen ist ihre Oberhaut ohne Spaltöffnungen. Wenn sie dagegen ein Sameneiweiß zu verzehren haben, aber sobald dieses verschwunden ist, den Samen verlassen und an das Licht treten (Fig. 80 I), so ist die Oberhaut der äußeren Seite ohne Spaltöffnungen und für die Resorption geschikt, die Oberhaut der inneren Seite aber, mit Spaltöffnungen versehen, selbst wenn die späteren Blätter derselben Pflanze anders gebaut erscheinen (die Nadelhölzer). Diejenigen Samenlappen endlich, welche bei der Keimung sofort an das Licht treten (*Fagus*, *Ulmus*), sind im Allgemeinen wie die späteren Blätter gebaut, jedoch der Gestalt nach von ihnen in der Regel wesentlich verschieden (Fig. 80 II u. III). Diese sind für die Unterseite immer, in vielen Fällen aber auch für beide Seiten mit Spaltöffnungen versehen (*Beta*, *Opuntia*), sie bilden auch wie die Laubblätter reichlich Blattgrün, welches den Samenlappen, die in der Erde bleiben, mangelt. Die Keimblätter leben nur so lange als sie der jungen Pflanze nützlich sind.

Die Knospenschuppen.

§. 47. Die Knospenschuppen (*Perulae*) sind die Blätter einer Stammknospe, die sich nicht als Laubblätter ausbilden, vielmehr schuppenartig bleiben und zum Schutz des jungen Triebes dienen (Fig. 61 u. 62. p. 86). Dieselben sind in ihrer Anlage vom Laubblatte nicht verschieden, indem sie wie dieses unter dem Vegetationskegel der Stammknospe entstehen und auch genau diejenige Stellung einnehmen, welche dem Laubblatte eigen ist (Fig. 81). Bei denjenigen Pflanzen, welche zur Seite jedes Hauptblattes noch ein Nebenblatt besitzen, treten die Nebenblätter häufig als Knospenschuppen auf, doch sind die ersten Knospenschuppen auch in diesem Falle ungetheilt, so daß sie den Werth eines Hauptblattes und zweier Nebenblätter haben (*Fagus*, *Quercus* Fig. 82).

Nur selten hat die Knospenschuppe ausgebildete Gefäßsbündel, sie stirbt, wie das Blatt überhaupt, an ihrer Spitze ab und schützt gerade durch ihre mit Luft erfüllten Zellen, als schlechter Wärmeleiter, den

jungen Trieb vor der Kälte des Winters, kann aber im Frühjahr durch ein Wachstum an ihrer Basis sich noch bedeutend verlängern, worauf das Schwellen der Knospen beruht. Wenn der Trieb seine Hülle verlassen hat, fallen die Knospenschuppen entweder sämtlich vom Zweige oder bleiben vertrocknet noch Jahre lang an demselben (bei den Abieteen) als Schuppenansätze (p. 86). Die Stengelglieder, welche Knospenschuppen tragen, bleiben immer unentwickelt. Beim zweiten Trieb der Bäume ist der Uebergang der Knospenschuppen in die Laubblätter besonders auffällig. Das tutenförmige Blatt, welches in der Knospe das Laubblatt der Ficus-Arten umgiebt, ist eine Knospenschuppe; auch die Blätter der Schälenzwiebel gehören zu denselben, indem die Zwiebel selbst (p. 90) als ein unentwickelter Stamm (eine Knospe) zu betrachten ist.

Fig. 81.

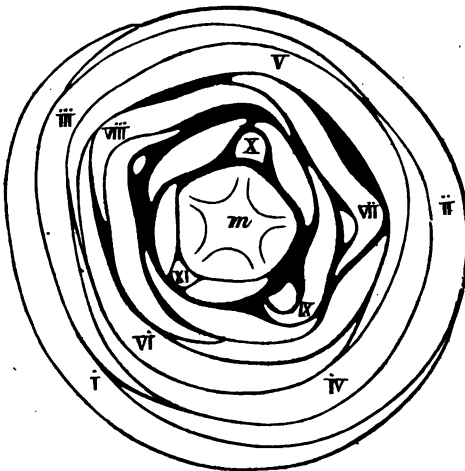


Fig. 82.

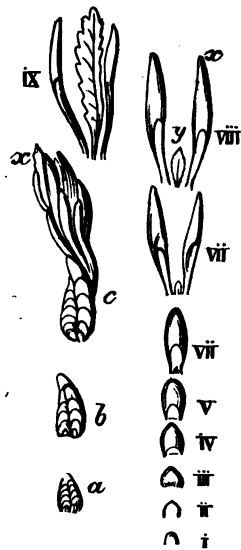


Fig. 81. *Quercus pedunculata*. Querschnitt durch die Endknospe des Zweiges. i—vi Deckblätter oder Knospenschuppen, vi—ix dagegen Blätter mit ihren beiden Nebenblättern, m das 5 kantige Mark der Stammspitze (40 mal vergrößert).

Fig. 82. *Quercus pedunculata*. a Eine Zweigknospe vor dem Anschwellen, b eine angeschwollene Knospe, c eine Knospe im Aufbrechen. i—ix Die Blätter wie sie bei c übereinander stehend der Reihe nach sich folgen. i—vi als einfache Knospenschuppen, vii—ix als Nebenblätter x, zwischen welchen das Laubblatt (y) auftritt.

Die Laubblätter.

§. 48. Die Laubblätter oder Stengelblätter (*Folia caulina*) sind diejenigen Blätter der Pflanze, welche von mehr entwickelten Stengelgliedern getragen werden und in der Regel durch Bildung von Chlorophyll in ihren Zellen eine grüne Färbung annehmen. In ihrer Achsel liegt sehr häufig eine Stammknospe, die zum Zweig oder zur Blüthe werden kann. Im ersten Falle nennt man ein solches Blatt das Stützblatt des Zweiges, im anderen wird es als Blüten-deckblatt bezeichnet.

Die Gestalt der Laubblätter ist mannigfaltig; man unterscheidet gestielte und ungestielte oder sitzende Blätter. Das gestielte Blatt hat immer eine Blattfläche oder Blattspreite (*Lamina*), d. h. einen breiteren, mehr flächenartigen Theil, der von einem schmälern Theil, dem Blattstiel (*Petiolus*), getragen wird, während das sitzende Blatt entweder ganz flächenartig (die Blätter der *Liliaceen*) oder ganz walzenförmig sein kann (*Hakea suaveolens*). Das gestielte Blatt ist ferner einfach, wenn sein Blattstiel nur eine Blattfläche trägt, dagegen zusammengesetzt, wenn derselbe mehrere Blattflächen vereinigt. Das zusammengesetzte Blatt kann weiter fingerförmig (*Aesculus*, *Lupinus*) oder gefiedert (*Robinia*, *Rosa*), auch doppelt und mehrfach gefiedert sein. Der gemeinsame Blattstiel eines gefiederten Blattes kann ferner mit einer Blattfläche, aber auch mit einer Ranke endigen (*Pisum sativum*), oder plötzlich abschließen (*Tribulus*) u. s. w.

Nebenblätter (*Stipulae*) nennt man blattartige Anhängsel am Blattstiel eines Laubblattes zu jeder Seite desselben (p. 160). Als Blattgelenk (*Articulatio*) bezeichnet man eine größere oder geringere Anschwellung an der Basis des Blattstiels oder des sitzenden Blattes. Wenn im Blattgelenk später eine Korkschiebt auftritt, so wird durch selbige das Blatt abgeworfen. Blattscheide (*Vagina*, *Ochrea*) heisst der scheidenartig den Stamm umgebende Theil eines stengelumfassenden Blattes; das Blatthäutchen (*Ligula*) ist der hautartige oftmals zierlich gefranzte Rand an der inneren Seite der Blattscheide, an der Stelle wo die Blattfläche frei wird (bei den Gräsern und einigen Scitamineen). *Phyllodium* endlich nennt man den flächenförmigen Blattstiel einiger *Acacia*-Arten, welcher bei den jungen Pflanzen gefiederte Blätter trägt (Fig. 83), die späterhin nicht mehr zur Ausbildung kommen, so daß diese *Phyllodien* dann scheinbar eine Blattfläche vorstellen.

Für das Einzelblatt kann jede nur denkbare Gestalt vorkommen, wofür die Schläuche tragenden Blätter von *Nepenthes* (Fig. 84), *Ce-*

phalotus und *Saracenia* ein Beispiel geben. Der Rand der Blätter kann ganzrandig (integer) sein, aber auch sehr verschiedene Formen besitzen (Fig. 85).

Fig. 83.



Fig. 84.

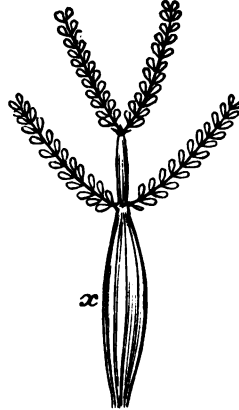
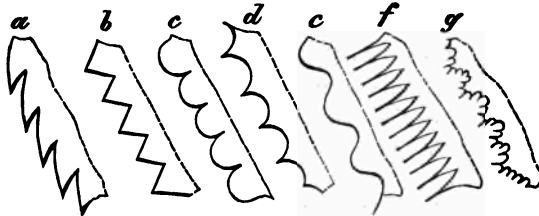


Fig. 85.



Die vergleichende Entwicklungsgeschichte der Blätter hat mir für die Blattgestalten folgende allgemeine Resultate gegeben:

A. Bei den dicotyledonen Blättern:

1. Die Spitze des Blattes erscheint zuerst; stirbt sie sogleich ab, so wird sie zum Ende eines einfachen Blattes, bildet sie sich dagegen

Fig. 83. Das Blatt von *Nepenthes destillatoria*. A sehr jung, in natürlicher Gröfse, a die Blattfläche, b der über sie hinaus sich verlängernde Blattstiel, c der erste Anfang der nachherigen Kanne, x die Spitze des Blattes, welche schon um diese Zeit abgestorben ist. B Der Längsdurchschnitt der jungen Kanne, 10 mal vergrößert, c der hohle kannenförmige Theil, y der nachherige Deckel, x die Spitze des Blattes. C Das ausgewachsene Blatt verkleinert ($\frac{1}{2}$ der natürlichen Gröfse). Die Bezeichnung wie auf den anderen Figuren.

Fig. 84. Ein Blatt von *Acacia heterophylla*. x Das Phyllodium.

Fig. 85. Der Blattrand in seinen verschiedenen Formen. a serratus, b dentatus, c crenatus, d repandus, e sinuatus, f ciliatus, g erosus.

aus ihrer Mitte und von Grunde aus weiter aus, so wird sie entweder zum Endlappen eines gelappten oder getheilten oder, wenn sie ihren eigenen kürzeren oder längeren Blattstiel erhält, zum Endblatte eines zusammengesetzten Blattes. 2. Entstehen unter der Spitze des angelegten Blattes zu beiden Seiten neue Hervorragungen, so werden diese entweder zu Seitenzähnen eines einfachen Blattes oder, wenn sie sich von ihrer Mitte und vom Grunde aus weiter bilden, zu Seitenlappen eines gelappten oder gar zu Seitenblättern eines zusammengesetzten Blattes. 3. Erhebt sich der gemeinsame Blattstiel des letzteren zwischen den Blattpaaren nicht, so daß dieselben der Höhe nach nicht von einander rücken, so wird das Blatt gefingert, im anderen Falle wird es gefiedert. 4. Ist das einfache Blatt oder der Blattlappen oder das Einzelblatt am Rande gezähnt oder gekerbt, so endigen die Hauptseitennerven unter einem Zahn, ist es dagegen ganzrandig, so bilden dieselben mit einander Randanastomosen. 5. Er-

Fig. 86.



scheint ferner das Ende des Blattstiels in seinem ganzen Umkreise als Bildungscentrum, so erhalten wir das schildförmige Blatt, dessen Hauptnerven in absteigender Ordnung zu entstehen scheinen. 6. Die Nebenblätter bilden sich mit dem Mittelblatt auf gleicher Höhe, allein das letztere gewinnt alsbald den Vorsprung, sich häufig als zusammengesetztes Blatt entwickelnd (Fig. 86). 7. Die Bildung der Seitennerven 1., 2. u. 3. Ordnung u. s. w. ist von der Entwicklungsweise der Blattoberfläche abhängig.

B. Bei den monocotyledonen Blättern:

1. Das Blatt stirbt zuerst an seiner Spitze ab; seine Fläche ist ursprünglich immer ungetheilt, wohl aber mit Randzähnen versehen. 2. Bleibt es ungetheilt und verlaufen seine Nerven sämmtlich parallel der Längsachse des Blattes, ohne daß ein sehr entwickelter Mittelnerv entsteht, so wächst es nur an seinem Grunde, ihm fehlt in diesem Falle der Blattstiel (Liliaceae, Irideae, Orchis). Ist dagegen ein ausgeprägter Mittelnerv vorhanden und sind die übrigen, ihm parallelen, Längsnerven noch unter einander durch Quernerven verbunden, so wächst das Blatt, wie bei den Dicotyledonen, an verschiedenen Stellen seiner Blattoberfläche, in diesem Falle wird auch ein Blattstiel gebildet, der zunächst an seiner Basis wächst (Goodyera, Potamogeton). 3. Er-

Fig. 86. Ein junges Blatt der *Rosa canina*. 1. Eines der beiden Nebenblätter, 1 das Mittelblatt, II—IV die Seitenblätter der einen Seite (40mal vergrößert).

scheint ein Blattstiel, der sich als Mittelnerv in die Blattfläche fortsetzt und sind in der letzteren nur mit einander parallele Quernerven vorhanden, so wächst das Blatt wahrscheinlich in aufsteigender Ordnung, d. h. die unteren Quernerven sind älter als die oberen (bei *Musa*, *Chamaedorea*, *Phönix*). 4. Zerschlitzt sich ein solches Blatt zwischen seinen Quernerven von Innen nach Außen und verlängert sich darauf der Blattstiel zwischen den entstandenen Segmenten, so erhalten wir das gefiederte Blatt vieler Palmen (*Chamaedorea*, *Phönix*), wo diese Segmente häufig noch eine Zeit lang an ihrem Grunde fortwachsen. 5. Verläuft dagegen der Blattstiel nicht als Mittelnerv durch die Blattfläche, sondern entsendet derselbe nur strahlenartig Nerven zu den Zähnen des Randes und zerschlitzt sich darauf die Blattfläche vom Rande aus, so erhalten wir das Fächerblatt anderer Palmen (*Chamaerops*, *Thrinax*, *Corypha*, *Latania*), wo ebenfalls jedes Segment noch eine Zeit lang am Grunde fortwächst. 6. Bleiben endlich an der ursprünglich ganzrandigen und undurchlöcherten Blattfläche bestimmte Partien des Randes und der Mitte im Wachsthum zurück, so erscheinen die Gestalten tiefgetheilte Blätter einiger Aroideen, deren Fläche nicht selten unregelmäßig durchlöchert ist (*Monstera*).

Das monocotyledone wie das dicotyledone Blatt wachsen demnach an ihrem Grunde und außerdem nach der Art ihrer Nervatur noch an verschiedenen Orten ihrer Fläche, die Spitze des einfachen Blattes oder des Einzelblattes wird immer zuerst unthätig. Die gefiederten und gefächerten Blätter der Monocotyledonen bilden sich durch Zertheilung einer ursprünglich ungetheilten Blattfläche, während die zusammengesetzten Blätter der Dicotyledonen ihre Einzelblätter von Anfang an als getrennte Theile entwickeln. Die gefiederten Blätter der Dicotyledonen bilden durch *Guarea* gewissermaßen den Uebergang vom Blatte zum Stamme.

Die Blätter der Kryptogamen reihen sich ihrer Gestalt und ihrem Bau nach bald den monocotyledonen und bald den dicotyledonen Blättern an. Die Spitze des Blattes stirbt auch hier in allen mir bekannten Fällen zuerst ab. Die Blätter der Lebermoose, wie die Laubmoosblätter nur aus einer Zellschicht bestehend, haben keinen Mittelnerv, welcher bei den letzteren vorhanden ist. Die Farnkrautblätter sind häufig einfach oder mehrfach gefiedert und entwickeln ihre Fiederblättchen, wie bei den Cycadeen, in aufsteigender Ordnung.

Jedes Blatt erhält ursprünglich seine Gefäßbündel vom Stamm, dieselben vermehren sich aber durch Theilung in ihm mit dem Wachsthum des Blattes nach der für dasselbe normalen Weise. Die Zahl der Gefäßbündel, welche vom Stamm zum Blatt übertreten, ist aber

nach den Pflanzen und, wie es scheint, auch nach der Gestalt der Blätter verschieden; so erhalten die einfachen Blätter der Laubbäume, welche Nebenblätter besitzen, 3 Gefäßbündel, wovon das mittlere ungetheilt in's Hauptblatt übertritt, während die beiden seitlichen sich theilen, um gleichzeitig ihr betreffendes Nebenblatt zu versorgen (*Alnus*, *Betula*, *Salix*, *Corylus*). Beim zusammengesetzten Blatt der Felskastanie findet man dagegen im Blattgelenk so viele getrennte Gefäßbündel als Einzelblätter vorhanden sind (5, 7 oder 9) u. s. w. Das stengelumfassende Blatt der Monocotyledonen endlich empfängt vom Stamm zahlreiche Gefäßbündel. Im Blattstiel des dicotyledonen Blattes treten die letzteren zusammen und bilden, sich nach dicotyledoner Weise vermehrend, alsbald einen Halbkreis, der oftmals später eine Leierform annimmt und Seitennerven in die Blattfläche ausschickt. Der Basttheil liegt immer nach der äußeren (unteren), der Holztheil des Bündels nach der inneren (oberen) Seite, Markstrahlen durchsetzen die Bündel. Im Blatte der Monocotyledonen und Kryptogamen erscheinen dagegen die Gefäßbündel, ihrem Charakter gemäß, immer getrennt und geschlossen (p. 62 u. 64).

Der innere Bau des Blattes.

§. 49. Nach den Pflanzen und ihrer Lebensweise ist auch der Bau des Blattes verschieden (p. 106). Für das Laubblatt kommt es nun zunächst darauf an, ob dasselbe in der Luft oder im Wasser oder auf demselben lebt. Alle Blätter für die Luft haben, gleich den grünen Rindentheilen im Allgemeinen, wenigstens an einer Seite eine Oberhaut mit Spaltöffnungen, und zwar treten dieselben meistens an der Unterseite, seltener an beiden Seiten (*Beta*, *Solanum tuberosum*, *Convolvulus Batatas*, *Viscum*, *Colocasia antiquorum*), am seltensten aber nur an der Oberseite auf (*Juniperus communis*). Die im Wasser untergetaucht lebenden Blätter entbehren der Spaltöffnungen gänzlich, ebenso die für den größten Theil ihres Lebens in der Erde weilenden schuppenartigen Blätter der *Monotropa* und des *Epipogon*; auf dem Wasser schwimmende Blätter sind dagegen an der Oberseite mit Spaltöffnungen versehen. — Die Ausbildung des Blattparenchyms richtet sich nun weiter im Allgemeinen nach der Beschaffenheit der Oberhaut, indem, wenn Spaltöffnungen vorkommen, dieselbe in der Regel ein lockeres Gewebe mit weiten lusterfüllten Intercellularräumen bedeckt, während an der anderen Seite, wo dieselben fehlen, ein dichteres, meistens pallisadenförmiges, Gewebe auftritt (Fig. 87). — Größere kammerförmige Lufträume finden sich in der Blattfläche der meisten Wasserpflanzen, desgleichen in der Blattscheide der Musaceen, röhren-

förmige Luftcanäle aber sind den Nymphaeaceen eigen. Die Oberhaut selbst kann ferner, abgesehen von dem Vorkommen der Spaltöffnungen, in der Form und Ausbildungsweise ihrer Zellen an beiden Blattseiten verschieden sein (*Solanum tuberosum*); auf sie kann andererseits das Verhalten der Gefäßbündel Einfluß üben, so daß der Verlauf derselben, wie bei der Mehrzahl der Blätter, sich auch in der Ausbildungs-

Fig. 87.

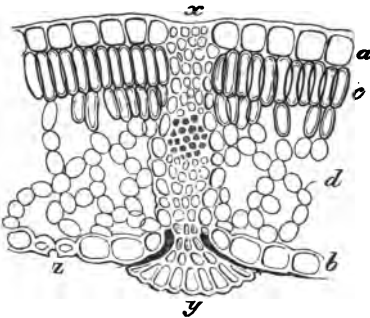
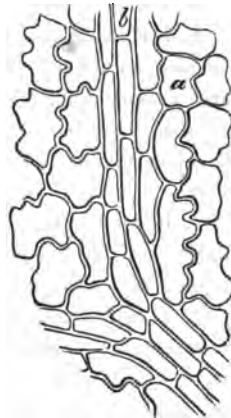


Fig. 88.



weise der Oberhautzellen markirt (Fig. 88), in welchem Falle sich die Oberhaut nicht abziehen läßt. Auf der Epidermis, deren Zellen nach den Pflanzen bald zartwandig und bald stark verdickt, bald mit, bald ohne Cuticularschichten auftreten, können endlich mancherlei Nebenorgane (p. 54), als Haare, Schuppen und Drüsen, vorkommen. — Im Blattparenchym, dessen Zellen fast in allen Fällen Blattgrün und in der Regel auch Stärkmehl bilden, treten bei den Nadelhölzern Harzgänge (Fig. 58. p. 79) und bei vielen anderen Pflanzen ähnlich gebaute, aber meistens runde, Höhlungen als Oel- und Harzbehälter auf (*Citrus*, *Gossypium religiosum*); bei vielen *Ficus*- und *Urtica*-Arten finden sich überdies im Blattparenchym traubensförmige, an einem Stiel hängende, mit kohlen-saurem Kalk imprägnirte Körper (Fig. 19. p. 25). Die Oberhaut der Luftcanäle der Nymphaeaceen endlich entsendet mehrfach verzweigte Haargebilde (Fig. 40. p. 55).

Fig. 87. Querschnitt durch eine kleine Partie der Blattfläche von *Betula alba*. *a* Die Oberhaut der Oberseite ohne Spaltöffnungen, *b* die Oberhaut der Unterseite mit Spaltöffnungen (*x*), *c* das Palisadenparenchym, *d* das lockere, schwammförmige Parenchym, *x* ein Gefäßbündel als secundärer Seitennerv, *y* eine drüsenartige Schuppe (200 mal vergrößert).

Fig. 88. Oberhaut von der Oberseite des Blattes von *Fagus silvatica*. *a* Ueber dem Blattparenchym, *b* über dem Gefäßbündel (200 mal vergrößert).

Die Knospenlage der Blätter und die Blattstellung.

§. 50. Die Lage des jungen Blattes in der Knospe wird 1. durch die Ordnung, nach welcher die Blätter unter dem Vegetationskegel der Knospe entstanden sind, 2. durch die Entwicklungsweise der Blätter selbst und 3. durch die relative Größe, welche dieselben im Knospenzustand erreichen, bedingt.

Man unterscheidet folgende Hauptformen der Knospenlage:

1. *Foliatio valvata*. Wenn sich die Blattränder nur berühren ohne sich zu decken (*Veronica*, *Coffea*, *Viscum*) (Fig. 89). Nur bei paarig gegenständigen oder quirlständigen Blättern.

2. *F. amplexa*. Wenn jedes äußere Blatt das ihm folgende vollständig umfaßt (*Triticum*, *Orchis*). Nur bei stengelumfassenden Blättern.

3. *F. semiamplexa*. Wenn jedes Blatt mit dem einen Rande umfaßt, mit dem anderen aber selbst umfaßt wird (die Knospenschuppen von *Tilia* und *Aesculus*).

4. *F. quincuncialis*. Wenn 5 Blätter so liegen, daß zwischen 2 äußeren ganz unbedeckten und 2 inneren ganz bedeckten ein fünftes Blatt so eingeschoben ist, daß es eins der inneren Blätter mit dem einen Rande deckt, an dem anderen aber von einem äußeren Blatte selbst gedeckt wird (bei der Blume von *Rosa* und dem Kelch der *Stapelia* und *Oxalis*).

5. *F. connata*. Wenn die Blätter, die auf gleicher Höhe entstanden sind und deshalb einen Kreis bilden, sich mit einander vereinigt entweder von ihrer Gesamtbasis als Deckelchen ablösen (Kelch von *Eucalyptus*) oder beim Aufbrechen der Knospe an der Spitze unregelmäßig zerrissen werden (Kelch von *Psidium* und *Bombax*). Ist, soweit mir bekannt, nur den Blüthen eigen.

6. *F. alternativa*. Wenn die Theile eines Blattkreises vor den Zwischenräumen der Theile eines vorhergehenden und folgenden Kreises stehen (Blattknospen von *Viscum* [Fig. 89] und *Arceuthobium*, Blüthenknospen der *Borragineen*).

7. *F. oppositifolia*. Wenn die Theile des einen Kreises vor denen des anderen stehen (Blüthenknospen von *Manglesia*, *Grevillea* und *Alnus*).

Für die Lage der einzelnen Blätter in der Knospe (*Vernatio*) unterscheidet man endlich eine flache, eine gefaltete und eine aufgerollte Blätterlage.

Nach der Stellung der Blätter zu einander in der Knospe richtet sich nun späterhin zum großen Theil auch die Stellung der Blätter

am Zweige, für welche man zwei Hauptformen: 1. eine gegenständliche und 2. eine spiralförmige Blattstellung unterscheiden kann.

Bei der gegenständlichen Blattstellung erscheinen die zu einem Kreis gehörigen und mit einander zu gleicher Zeit und auf gleicher Höhe unter dem Vegetationskegel entstandenen Blätter auch späterhin am ausgebildeten Zweige mit einander auf gleicher Höhe (*Viscum*

[Fig. 89], *Aesculus*, *Coffea*).

Bei der spiralförmigen Blattstellung aber steht kein Blatt am Zweig mit einem anderen auf derselben Höhe, eine gedachte Spirale durchläuft vielmehr, rechts oder links aufsteigend, die Ansatzpunkte der Blätter. Die spiralförmige Blattstellung kann nun durch ungleichseitige Ausbildung der Stengelglieder aus der ursprünglich gegenständlichen Blattstellung hervorgehen, wie Monstrositäten für *Siringa*, *Hippuris* und *Equisetum* beweisen, im Allgemeinen aber ist sie schon in der Knospenlage selbst begründet; die *Foliatio amplexa*, *semiamplexa* und *quincuncialis* deuten schon auf ein spiralförmiges Entstehen der Blätter nach einander unter dem Ve-

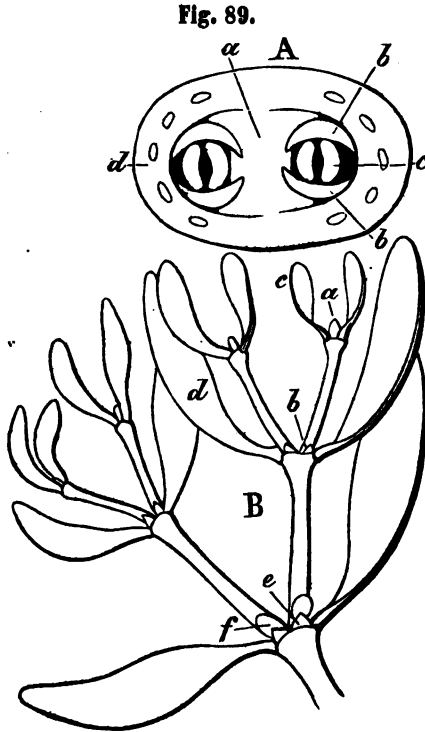


Fig. 89.

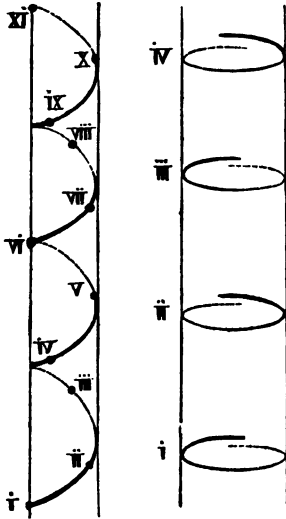
viscum album. Man zählt nun bei der spiralförmigen Blattstellung die Zahl der Blätter und die Zahl der Umläufe der gedachten

Fig. 89. *Viscum album*. A Querschnitt durch die Zweigspitze im Winter, a die Basis der Endknospe, welche zur Blüthe wird und die zu jeder Seite eine Achselknospe besitzt, welche zwei Blattkreise (b u. c) gebildet hat, b u. c bleiben im Frühjahr als kleine Schuppen am Grunde des neuen Zweiges (B, b), c u. c dagegen erheben sich im kommenden Frühjahr von dem neu entstandenen Stengelglied getragen (B, c) und werden große Laubblätter; d das vorjährige Laubblatt des Mistelzweiges B, dessen kleines schuppenförmiges Knospendeckblatt e am Grunde seines Stengelgliedes sitzt, f eine in der Achsel des Schuppenblattes entstandene Knospe, die entweder zur Blüthe oder zum Zweig wird (A ist 40mal vergrößert).

Spirale, um von einem gegebenen Blatte zu dem ersten über ihm stehenden zu gelangen, und erhält danach folgende Hauptreihen: $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{5}$, $\frac{4}{7}$, $\frac{5}{12}$ u. s. w., wobei der Nenner immer die Zahl der Blätter,

Fig. 90.

Fig. 91.



der Zähler dagegen die Zahl der gedachten Umläufe angiebt. Wenn also das sechste Blatt über demjenigen steht, von dem die Zählung ausging und die Spirale 2 Windungen um den Stamm beschreibt, so wird die Blattstellung $\frac{2}{3}$ genannt (Fig. 90). Außerdem giebt es aber noch eine Blattstellung, bei welcher das eine Blatt einer rechts, das andere einer links gewundenen Spirale folgt (Fig. 91) (bei den Gräsern und bei *Alpinia*, *Furcroya*).

Auf die von der Blattstellung unabhängige Lage der Blätter wirkt endlich bei vielen Pflanzen die Richtung des Zweiges, so stehen bei der Tanne und Fichte die Blätter der aufrecht strebenden oder abwärts hängenden Zweige anders als an den wagrecht liegenden Zweigen, was durch das Streben der Blätter, ihre größte Fläche dem Lichte zuzuwenden, erklärt wird.

Die Knospenbildung auf dem Blatte und das Absterben der Blätter.

§. 51. Die Bildung von Stammknospen im Gewebe des Blattes erfolgt nicht bei allen Pflanzen; wo sie vorkommt entwickelt sich zuerst in der unmittelbaren Nähe eines oder mehrerer Gefäßbündel (Blattnerven) eine aus Urparenchym bestehende kegelförmige Erhebung, welche zum Vegetationskegel der neuen Knospe wird, die alsbald das Blattparenchym durchbricht und sich zur jungen Pflanze ausbildet (*Bryophyllum*, *Malaxis paludosa* und mehrere *Begonia*-Arten). — In gleicher Weise bildet sich auf den Blättern anderer Pflanzen unter Umständen eine Wurzelknospe, die zur Wurzel wird und das isolirte Blatt längere Zeit, als es sonst dauern würde, erhalten kann (*Mentha*

Fig. 90. Schematische Darstellung der rechtsgewundenen Blattspirale bei $\frac{2}{3}$ Stellung. Auf der vorderen Seite ist die Linie dick, auf der hinteren nur punktiert. Ueber dem Blatte i steht das Blatt vi und das Blatt xi, über ii steht vii, über iii steht viii, über iv steht ix und über v steht x.

Fig. 91. Schematische Darstellung des Stammes von *Saccharum*. Blatt i und iii folgen einer links-, Blatt ii und iv einer rechtsgewundenen Spirale.

piperita). Wie nun die Stammknospe auf dem Blatte Wurzeln bilden kann, so vermag umgekehrt die aus der Wurzelknospe entstandene Wurzel Stammknospen zu erzeugen, so daß in beiden Fällen aus dem Blatte eine neue Pflanze hervorgehen kann, direct aber kann das Blatt niemals einen Stamm oder eine Wurzel bilden und eben so wenig aus sich ein neues Blatt erzeugen.

Die Lebensdauer des Blattes ist verschieden, für die Laubbäume unserer Zone nur auf eine Wachstumsperiode (einen Sommer) beschränkt, für die immer grünen Pflanzen aber nicht selten auf mehrere Jahre ausgedehnt (die Tanne und die Fichte tragen ihre Nadeln 10 — 12 Jahre). — Alle mit einem Gelenk versehene Blätter trennen sich durch dasselbe von der Pflanze, indem in einer wagrechten Zone am Grunde des Gelenkes entweder eine Korkschicht auftritt, wodurch allmählig die Saftverbindung zwischen Stamm und Blatt behindert oder aufgehoben wird und deren nächste Folge die herbstliche Entfärbung der Blätter zu sein scheint, bis endlich das vertrocknete Blatt selbst sich durch den Wind an dieser Stelle ablöst, oder ein Absterben der Schicht, in welcher später Kork entstehen mußte, durch Nachtfrost einen plötzlichen Blattfall veranlaßt (*Platanus orientalis*). Bei den zusammengesetzten Blättern lösen sich noch die Einzelblätter durch ihr Gelenk vom gemeinsamen Blattstiel. Wo dagegen kein Gelenk vorhanden ist, bleiben die vertrockneten Blätter und Blattstiele noch lange Zeit mit der Pflanze in Verbindung (bei *Polytrichum*, *Struthiopteris*, *Aspidium filix mas*, *Phoenix dactylifera* u. s. w.).

Die zur Blüthe gehörigen Blätter (*phylla*) werden beim Geschlechts-Apparat der Pflanze besprochen.

XIII. Die Wurzel.

§. 52. Die Wurzel (*radix*) entsteht aus einer Wurzelknospe, welche sich von der Stammknospe durch den bedeckten, d. h. von einer Wurzelhaube umhüllten, Vegetationskegel unterscheidet und ihre Spitze endigt wieder mit einer solchen. Die Wurzel wächst, wie der Stamm, an ihrer Spitze durch Bildung neuer Zellen und Ausdehnung der schon vorhandenen, aber sie kann keine Blätter bilden, weil ihre aus absterbenden Zellenschichten bestehende Wurzelhaube, welche sich mit dem Längswachsthum derselben von Innen her erneuert, während sie von Außen her abstirbt, den Theil, der die Blätter bilden mußte, bedeckt. — Im Allgemeinen ähnlich wie der Stamm gebaut,

erfolgt auch das Dickenwachsthum der Wurzel durch den Verdickungsring, der jedoch nur bei den Dicotyledonen lange thätig bleibt, dessen Wachsthum dagegen bei den Monocotyledonen und Kryptogamen frühe erlischt, wobei überdies sehr wesentliche Verschiedenheiten in der Anordnungs- und Ausbildungsweise der Gefäßsbündel vorkommen. Während nun die Wurzel an ihrer Spitze fortwächst, stirbt ihre Außenrinde an den älteren Theilen ab, weshalb nur der mit einer thätigen Oberhaut versehene jüngere Theil einer Wurzel fähig ist von Außen her Nahrung aufzunehmen.

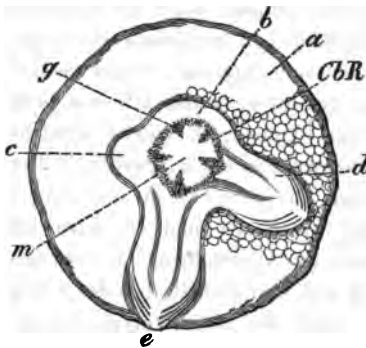
Man kann zwei Arten der Wurzel unterscheiden: 1. die Pfahlwurzel, welche aus der Wurzelknospe des Keimes der dicotyledonen Pflanzen hervorgeht und eine directe Verlängerung der Radicula derselben ist (Fig. 59. p. 83), und 2. Nebenwurzeln, welche im Innern eines Gewebes entstehen und aus demselben hervorbrechen. Mit Nebenwurzeln keimen die monocotyledonen Gewächse, indem die Radicula ihres Keimes nicht wie bei den Dicotyledonen selbst eine Wurzelknospe darstellt, sondern erst im Gewebe derselben Wurzelknospen entstehen (Fig. 69. p. 91). Letztere aber kann sich, gleich der Stammknospe, an der fertigen Pflanze, überall bilden, wo Gefäßsbündel mit einem cambialen Gewebe zusammentreffen, auch verzweigt sich die Wurzel selbst entweder durch Theilung ihres Vegetationskegels oder durch Bildung von Nebenwurzeln.

Die Wurzelknospe.

§. 53. Die Wurzelknospe der Pfahlwurzel oder die unentwickelte, aber entwicklungsfähige Anlage einer solchen Wurzel erscheint beim dicotyledonen Keime gleichzeitig mit der ersten Anlage der Samenanlagen; während aber der Vegetationskegel der Stammknospe (Plumula) unbedeckt bleibt und unter sich die ersten Blattanlagen bildet, sterben die äußeren Schichten der Wurzelknospe ab und es entstehen von Innen her unter denselben neue Gewebeschichten, so daß der jüngste Theil des Vegetationskegels der Wurzelknospe von einer an Dicke zunehmenden Hülle, der Wurzelhaube, bedeckt wird (Fig. 59. p. 83). Die Wurzelknospe der Nebenwurzel entsteht dagegen im Keime der Monocotyledonen im Innern eines aus Urparenchym bestehenden Gewebes, dem Keimlager, unter der Stammknospe, in welchem sich auch die ersten Gefäßsbündel bilden; dieses Keimlager kann nun, nach den Pflanzen, eine oder mehrere Nebenwurzeln entwickeln, welche aus dem Gewebe des Wurzeldes (Radicula) hervorbrechen (Fig. 69. p. 81). Die Dicotyledonen keimen danach mit einer Pfahlwurzel, die Monocotyledonen dagegen mit einer oder mit mehreren Nebenwurzeln.

Auch die Farnkräuter und Equisetaceen keimen wieder mit einer Pfahlwurzel, indem sich bei ihnen ein Theil der Keimachse direct als erste Wurzel verlängert. Die Bildung von Nebenwurzeln am Stamme und die Verzweigung der vorhandenen Wurzeln erfolgt dann überall durch das Auftreten einer Wurzelknospe am Verdickungsring des Stammes oder der Wurzel und zwar anfänglich in derselben Weise wie die Bildung der Stammknospe (p. 85), indem im Gewebe der Rinde in der unmittelbaren Nähe eines Gefäßsbündels ein kleiner aus Urparenchym bestehender Kegel entsteht, welcher, an seiner Spitze fortwachsend, bald die ersten Anfänge einer Wurzelhaube bildet und sich erst dadurch als Wurzelknospe bekundet, dann aber, mit einer solchen versehen, das Gewebe der Rinde durchbricht. Die neuen

Fig. 92.



Gefäßsbündel der jungen Wurzel entwickeln sich wieder in der unmittelbaren Nähe des Gefäßsbündels, an welchem die Wurzelknospe entstanden ist, und bilden sich mit dem Wachsthum der jungen Wurzel in normaler Weise weiter (Fig. 92). Seltener verzweigt sich die Wurzel durch Theilung ihres Vegetationskegels (bei der Knolle von *Habenaria*, bei den Luftwurzeln der *Cycadeen* und des *Laurus canariensis*).

Die Wurzel im Allgemeinen.

§. 54. Die Wurzel flieht im Allgemeinen das Licht und wendet sich dem Boden zu, in dem sie ihre Nahrung sucht; beim Keimen der Samen geht sie fast ohne Ausnahme nach abwärts, doch giebt es auch Wurzeln, welche wagrecht streichen (die Seitenwurzeln einer Hauptwurzel) und sogar solche, welche aufwärts wachsen (die Luftwurzeln von *Zamia spiralis* und *Phoenix farinifera*); außerdem kennt man auch Stämme, die nach abwärts wachsen (die Zweige der Hänge-Esche und des Hänge-Ilex, ferner der Fruchtsiel von *Arachis hypogaea*, welcher einer Wurzel ähnlich senkrecht in die Erde wächst). Man kann deshalb nicht sagen, daß die Wurzel der Anziehung der

Fig. 92. Querschnitt durch eine junge Wurzel von *Alnus glutinosa*. a Der äußere Theil der primären Rinde, b der innere Theil, cbR der Cambiumring, c, d und e junge Seitenwurzeln, welche nur da entstehen, wo ein Gefäßsbündel (g) liegt (40mal vergrößert).

Erde, also der Schwerkraft, folgt, muß vielmehr dies Abwärtssteigen der Pfahlwurzel des Keimes und des Fruchtsiels von *Arachis* als eine noch nicht genügend erklärte Lebenserscheinung auffassen.

Die Wurzel kann sich nur durch Theilung ihres Vegetationskegels und durch Bildung von Seitenwurzeln aus Nebenknospen verzweigen. Da sie keine Blätter hat, so fehlen ihr auch die Achselknospen; die Seitenwurzeln aber entspringen gleich den aus Nebenknospen entstandenen Zweigen nicht aus der Mitte des Stammes, sondern am Verdickungsring und deshalb nach dem Alter der Seitenwurzel näher oder ferner vom Centrum der Hauptwurzel. Die Entstehung der Seitenwurzeln ist außerdem unregelmäßig und nur an die Gegenwart der Gefäßbündel gebunden, weshalb bei der keimenden Wallnuß, wo 4—6 im Kreise weit von einander liegende, parallel nach abwärts gehende Gefäßbündel vorkommen, auch die zahlreich hervortretenden Seitenwurzeln den Gefäßbündeln entsprechende Längsreihen bilden. Eine Seitenwurzel kann nun ihrerseits wieder Seitenwurzeln erzeugen, so daß wir hier demselben Verhältniß wie beim Stamme begegnen und eine Haupt- oder Pfahlwurzel, welche übrigens den Monocotyledonen mangelt, und Nebenwurzeln erster, zweiter, dritter Ordnung u. s. w. unterscheiden können, deren Spitze in allen Fällen mit einem bedeckten Vegetationskegel abschließt und die auch bei vielen Pflanzen (bei den Dicotyledonen im Allgemeinen) im Uebrigen der Hauptwurzel entsprechend gebaut sind und deshalb, wie der Zweig den Hauptstamm, unter Umständen auch die Hauptwurzel ersetzen können. Am Stamm dagegen entspringt die Wurzel häufig an bestimmten Orten, so bei den Monocotyledonen und Dicotyledonen, welche Stengelknoten besitzen (die Gramineen, *Cicuta virosa*) aus dem Gewebe des Knotens und für die Monocotyledonen überhaupt, bei fehlender Pfahlwurzel aus dem Gewebe am Ende des Stammes, aus dem auch die ersten Nebenwurzeln der keimenden Pflanze hervorgehen. Am Stamm und an der Wurzel der Dicotyledonen mit geschlossenem Holzring kann sie dagegen am ganzen Umkreis des fortwährend thätigen Verdickungsringes und auf jeder Höhe, selbst noch aus alten Wurzeln, entspringen.

Jede Wurzel wächst an ihrer Spitze durch den Vegetationskegel, sie verlängert sich und rückt im Boden weiter vorwärts, ihre alten Theile aber verlängern sich, gleich den ausgebildeten Stengelgliedern des Zweiges nicht mehr. Die jugendliche, in der Regel gelb gefärbte Wurzelspitze stärkerer Wurzeln wird von den Förstern Saugwurzel genannt (Fig. 93). Dieser Theil ist immer mit einer zarten, in der Regel mit Wurzelhaaren versehenen, Oberhaut (Epiblema) bekleidet,

die älteren Theile der Wurzel sind dagegen im Allgemeinen nicht mehr zur Aufnahme von Bodennahrung tauglich, da ihre Oberhaut durch Kork- oder Borkenbildung verschwunden ist; das noch jugendliche Ende der Wurzel ist deshalb derjenige Theil, welcher die gelösten Stoffe des Bodens aufsaugt, die Wurzelhaube aber dient als schützende Umhüllung des Vegetationskegels.

Die Verdickung der Wurzel erfolgt durch den Verdickungsring, ist aber für die Kryptogamen ohne Ausnahme und für die Monocotyledonen mit wenigen Ausnahmen (*Dracaena*, *Pandanus*) nur auf die Ausbildung der bei dem Entstehen der Wurzel angelegten Theile beschränkt; eine große Anzahl von Nebenwurzeln, welche fortdauernd der Basis des Stammes oder dem Stengelknoten entspringen, ersetzt bei ihnen die fehlende, sich reichlich verzweigende Pfahlwurzel der Dicotyledonen. Bei vielen Kryptogamen und Monocotyledonen bildet sich, wenn der betreffende Theil einer Wurzel seine normale Grösse erreicht hat, im Umkreis des Verdickungsringes und wahrscheinlich aus einer Zellenreihe desselben ein Ring verholzter Zellen (die Kernscheide Fig. 94), durch welche die Entwicklung neuer Seitenwurzeln,

Fig. 93.

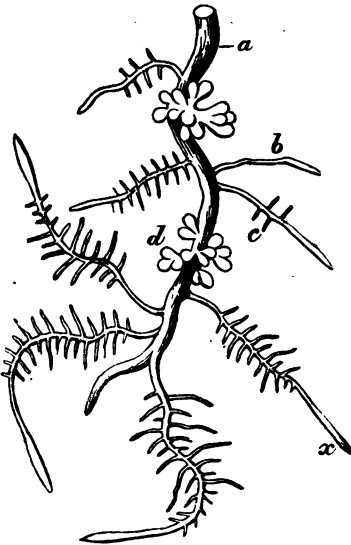


Fig. 94.

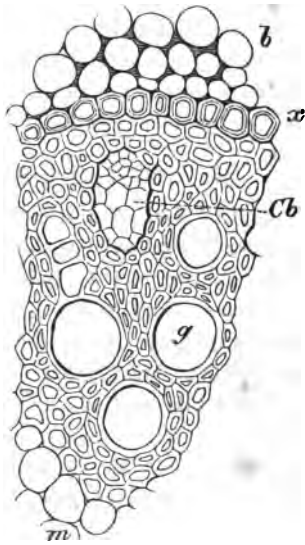


Fig. 93. Die Pfahlwurzel einer zweijährigen Erle (*Alnus glutinosa*). *a* Die Pfahlwurzel, deren Ende bereits abgestorben ist, *b* Seitenwurzeln oder Wurzeln zweiter Ordnung, *c* Wurzeln dritter Ordnung, *d* eigenthümlich angeschwollene Wurzelzweige, welche schon an der wenige Monate alten Keimpflanze dieses Baumes

wenn auch nicht aufgehoben, so doch wesentlich beschränkt wird, die Mehrzahl der Seitenwurzeln entspringt deshalb bei solchen Pflanzen den jungen Theilen der Wurzel, deren Kernscheide noch nicht ausgebildet ist. Die letztere aber ist nicht der Wurzel allein eigen, sie findet sich auch im Rhizom monocotyledoner Gewächse (*Iris*) und kehrt gleichfalls in der Nebenwurzel der *Cicuta virosa* wieder. Das Dickenwachsthum der dicotyledonen Wurzel ist dagegen wie bei dem Stamm dieser Gewächse im Allgemeinen unbegrenzt.

Ursprünglich ist wohl jede Wurzel walzen- oder kegelförmig, ändert aber nicht selten nach der Weise ihrer Verlängerung und Verdickung ihre Gestalt. Wenn das Längswachsthum einer Pfahlwurzel plötzlich erlischt, das Dickenwachsthum aber fort dauert, so wird ihr Ende abgestutzt (*Radix praemorsa*). Wenn dagegen die Pfahlwurzel an ihrem Ende fortwächst und auch die Verdickung fort dauert, so wird sie rübenförmig (*R. rapiformis*). Schwillt aber eine Wurzel, gleichgültig welcher Art, knollenartig an, so erhalten wir die Wurzelknolle (*R. tuberosa*), bei der Georgine und Batata (p. 90); wird endlich die Hauptwurzel von vielen aus ihr entsprungenen Seitenwurzeln überholt, oder sind beim Mangel einer Pfahlwurzel zahlreiche Nebenwurzeln vorhanden, so spricht man von einer faserigen Wurzel (*R. fibrosa*), müßte hier aber billiger Weise zwischen der Wurzelbildung der Dicotyledonen und Monocotyledonen unterscheiden. Wurzelanschwellungen sind neben gewöhnlichen Wurzeln vielen Pflanzen (den Leguminosen, der Erle, Fig. 93. p. 121) eigen.

Die Wurzel nach ihrer Function für die Pflanze.

§. 55. Nach dem Medium, in dem sie leben, kann man dreierlei Arten der Wurzel unterscheiden: 1. Wurzeln für die Erde, 2. Wurzeln für das Wasser und 3. solche, für die Luft bestimmt. Häufig hat die Landpflanze Wurzeln für die Erde und solche für die Luft (viele rankende Orchideen, tropische Farnkräuter, *Laurus canariensis*), manche Wasserpflanze dagegen hat Wurzeln für das Wasser und andere für den Boden (*Hydrocharis*, *Stratiotes*). Die beiden zuletzt genannten Wurzelarten scheinen in ihrem Bau nicht wesentlich verschieden zu sein; dagegen ist die absorbirende Oberfläche der Luftwurzeln, ihrer Function entsprechend, etwas anders gebaut.

vorkommen und auch vielen Leguminosen eigen sind, *x* die Wurzelspitze mit ihrer Haube.

Fig. 94. Querschnitt durch die Wurzel von *Smilax* (*Honduras Sarsaparilla*) nach SCHLEIDEN. *b* Innerer Theil der primären Rinde, *x* die Zellen der Kernscheide, *Cb* das Cambium, *g* Gefäße, *m* Markzellen (200mal vergrößert).

Die Wurzeln für die Erde sind Haft- und Ernährungsorgane zugleich, die Pflanze wird durch sie im Boden festgehalten und ist deshalb die Art der Bewurzelung für den festen Stand der Bäume wichtig; die Tanne mit sehr tief gehender, vielfach verzweigter, Pfahlwurzel trotzst den stärksten Orkanen, während die Fichte mit oberflächlicher Wurzelbildung leicht vom Sturm geworfen wird und die Pappel, aus ähnlichen Gründen, den Uferdämmen Gefahr bringt, wogegen das Weidenbuschholz durch sein Wurzelgeflecht die Uferbauten befestigt. Bei den Palmen mit hohem Stamm (Phoenix, Attalea) geht die Keimachse bei der Keimung selbst tief in den Boden (Fig. 95), während sie bei den niedrig bleibenden Arten (Chamaerops, Chamaedorea) nicht nach abwärts wächst, bei Iriartea praemorsa endlich wird der hohe Stamm ohne tiefgehende Keimachse durch über der Erde entstandene Nebenwurzeln gestützt (ebenso bei Pandanus). Die Schmarotzergewächse aber haften durch ihre Wurzel auf der Nährpflanze, welche nach den Arten in verschiedener Weise in der Rinde fortwächst und dort Seitenwurzeln bildet, die ich Senker nenne, welche vom Cambiumring der Nährpflanze ernährt, wie der Holztheil des Gefäßbündels durch denselben wachsen und sich deshalb mit der Dickenzunahme des Holzringes der Nährpflanze verlängern, die also nicht wie die Wurzel im All-

Fig. 95.

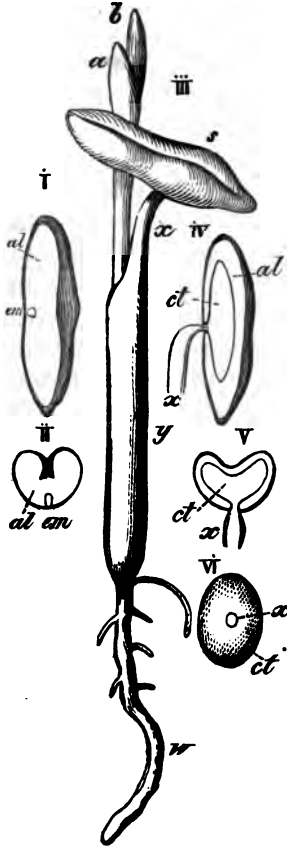
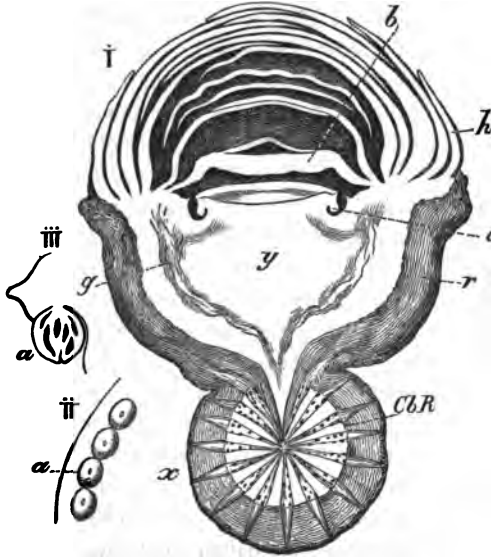


Fig. 95. *Phoenix dactylifera*. i u. ii Der Same vor der Keimung im Längs- und Querschnitt, em der Embryo, al das Sameneiweiß. iii Die keimende Pflanze, s der Same, x die Verlängerung des Samenlappens, y der scheidenförmige, stengelumfassende Theil des letzteren, a und b die ersten Blätter der Keimpflanze, w die scheinbare Pfahlwurzel der Keimpflanze. iv u. v Der Same im Längs- und Querschnitt aus diesem Stadium der Keimung, ct der Theil des Samenlappens, welcher die Aufsaugung des Sameneiweißes (al) besorgt, x der stielartig hervortretende Theil des Samenlappens. vi Der schildförmig gewordene im Samen verbleibende Theil des Samenlappens (ct) der vorigen Figuren freigelegt, x die Basis des stielartigen Theiles von oben gesehen.

gemeinen an ihrer Spitze, sondern an ihrer Basis wachsen, wofür die Mistel, welche ihre Senker im Holzring statt eines Markstrahls ausbildet, das schlagendste Beispiel liefert. In ähnlicher Weise haftet

Fig. 96.



auch die *Rafflesia* auf ihrer Nährpflanze (Fig. 96); nur bei den echten Balanophoren, welche auf den Wurzeln anderer Pflanzen schmarotzen, wächst die Nährwurzel in und mit dem knollenartigen Körper des Parasiten (Fig. 97). Für die Wurzel der Schmarotzer ersetzt das Gewebe der Nährpflanze den Boden; doch giebt es auch Parasiten, die außerdem noch Wurzeln für die Erde besitzen (*Orobanche*, *Melampyrum*, *Thesium*).

Luftwurzeln sind im Allgemeinen nur den tropischen, in einer warmen, feuchten Atmosphäre lebenden Gewächsen, deren Stamm oftmals mit ihnen ganz bedeckt ist, eigen; sie gehen in der Regel nicht in die Erde, verändern aber, wenn sie den Boden erreichen und in denselben eindringen, auch die Beschaffenheit ihrer Oberhaut (bei einigen Cacteen und Orchideen). Die Wurzelhülle oder die äußere Rindenschicht der Luftwurzeln tropischer Orchideen ist durch ihren oftmals sehr zierlichen Bau ausgezeichnet.

Die für den Boden oder das Wasser bestimmten Wurzeln sind meistens an ihren jüngeren Theilen mit einem Epi-

Fig. 96. *Rafflesia Patma*. 1 Querschnitt durch eine noch ziemlich junge männliche Knospe, im Zusammenhang mit ihrer Nährpflanze (*x*) (*Cissus verrucosa*); der Senker des Schmarotzers geht keilartig fast bis zum Mark der Nährpflanze und die Rinde der letzteren (*r*) bekleidet ihn bis zu den Hüllblättern seiner Blüthe (*h*), deren Blumenblätter (*b*) noch fest zusammengeneigt sind, *a* die Antheren, welche als hängende Säckchen, etwas ins Gewebe eingesenkt, unter dem Rande der scheibenförmig endigenden Blütenachse stehen, *g* die Gefäßbündel der *Rafflesia*. II 4 Antheren (*a*) aus einer weiter entwickelten Knospe von oben gesehen. III Eine derartige Anthere im Längsschnitt.

blema versehen, das Wurzelhaare ausschickt; diese aber sind, soweit mir bekannt, immer einzellig und nur selten verzweigt. Bei den Lebermoosen dagegen, welche keine Wurzel besitzen und deren Stamm Wurzelhaare ausschickt, ist die Verzweigung derselben viel häufiger (Fig. 98) und die Laubmoose, ebenfalls ohne Wurzel, haben sogar mehrzellige Wurzelhaare. — Durch ihre Oberhaut entnimmt nun die Wurzel dem Boden, dem Wasser oder der sie umgebenden Luft gelöste oder gasförmige Stoffe, und zwar nach dem Bedürfnis der Pflanze in verschiedener Menge (p. 71). Nach WAY und LIXIE soll sie auch die

Fig. 97.

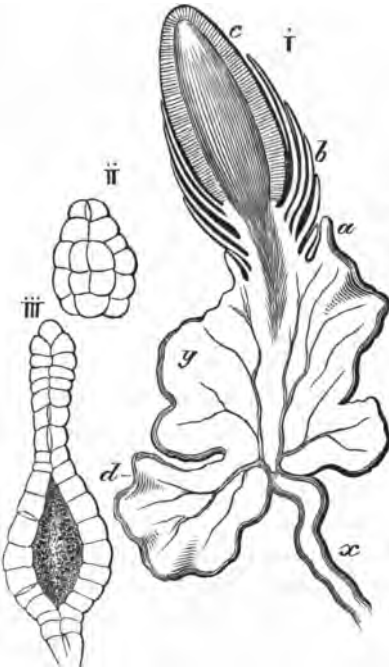


Fig. 98.

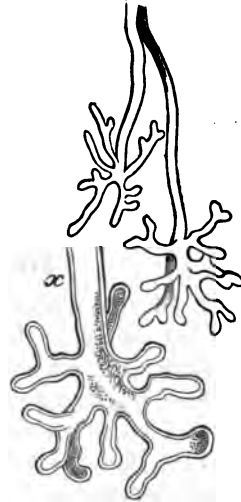


Fig. 97. *Balanophora globosa*. i Eine weibliche Pflanze im Längsschnitt, a die Wurzel der Nährpflanze, welche, sich vielfach verzweigend, mit dem Körper, der Achse, des Schmarotzers (y) fortwächst, aber niemals in den Blüthenschaft des letzteren eindringt, b die vom Blütenstand (c) durchbrochene Rinde des Schmarotzers, c die Hüllblätter des Blütenstandes. ii und iii die Anfänge des weiblichen Geschlechtsorgans, dessen Entwicklungsgeschichte dem Pistill der Laub- und Lebermoose entspricht (iii) und wie dieses ursprünglich an seiner Spitze geschlossen ist und daher als Knospenkern ohne Integumente und ohne Fruchtknoten gedeutet werden muß (ii u. iii 200mal vergrößert).

Fig. 98. Wurzelhaare von *Mastigobryum trilobatum* 100mal, x dagegen 400mal vergrößert.

Eigenschaft besitzen, durch Contactwirkung die im Boden aufgespeicherten Stoffe löslich zu machen; außerdem bleibt der aufsaugende Theil der Wurzel nicht immer auf derselben Stelle, schreitet vielmehr mit dem Längswachsthum der Wurzel vorwärts und kommt so nach einander mit neuen Theilen des Bodens in Berührung. Auch richtet sich vielfältig das Wachsthum der Wurzel nach der Beschaffenheit des Erdreiches, so daß bei einem geeigneten Untergrunde die Wurzeln tiefer gehen, bei einem guten Obergrunde und schlechtem Untergrunde aber oberflächlich bleiben; für tief wurzelnde Pflanzen ist andererseits der letztere von größerer Bedeutung als der Obergrund.

Bei einer gesunden Pflanze stehen endlich die Wurzeln im Boden oder im Wasser mit den Zweigen in der Luft im Verhältniß, so daß, wenn ein Gewächs viel Zweige treibt, auch eine entsprechende Bewurzelung vorhanden ist; doch giebt es auch unter den Phanerogamen Gewächse, bei welchen die Ausbildung der Wurzeln fast gänzlich unterbleibt, in welchem Falle ein Wurzelstock deren Dienst versieht (bei *Epipogon* und *Corallorhiza* (Fig. 72 p. 97), dann wieder andere, deren Wurzelstock aus den Blattachseln zarte Nebenwurzeln entsendet (*Lathraea*, *Adoxa*, *Dentaria*) (Fig. 65. p. 88). Die Cacteen und die *Euphorbia*-Arten mit unentwickelten Blättern haben ein sehr bedeutendes Wurzelvermögen.

Der innere Bau der Wurzel.

§. 56. Die Wurzel weicht im inneren Bau wesentlich vom Stamm ab, doch mangelt es hier noch zu sehr an genauen vergleichenden Untersuchungen, um etwas allgemein Gültiges feststellen zu können.

Eine Wurzelhaube ist, so viel mir bekannt, allen Wurzeln eigen, und auch bei allen Pflanzen im Wesentlichen gleich gebaut, jedoch dem Grade ihrer Ausbildung nach verschieden. In allen Fällen ist die Wurzelhaube durch einen centralen Zellenstrang¹⁾, der bisweilen Stärkmehl führt, mit dem Vegetationskegel der Wurzel organisch verbunden (Fig. 99). Die Zellen der Wurzelhaube selbst sind ferner schichtenweise angeordnet und werden beim Längswachsthum der Wurzel vom Vegetationskegel aus nachgebildet, während sie von Außen her absterben; die Wurzelhaube wächst deshalb mit der Wurzel und bedeckt gleich einer Kappe deren jugendliche Spitze (Fig. 100); seltener scheint ihre Fortbildung späterhin zu unterbleiben (bei den Luftwurzeln von *Laurus canariensis* und *Zamia*). Durch das Auftreten der Wurzel-

¹⁾ Dieser Zellenstrang ist natürlich nur auf einem Längsschnitt, der genau die Mittellamelle der Wurzel darstellt, sichtbar.

haube markirt sich zuerst die Wurzelknöspe, sie mag aus dem Ende der Keimachse des Embryo (bei den Dicotyledonen) oder als Nebenknospe irgendwo entstehen, bei den Nadelhölzern ist sie besonders stark entwickelt (Fig. 65. p. 88). Die Wurzelhaube entsendet, so weit mir bekannt ist, keine Wurzelhaare.

Die primäre Rinde der Wurzel läßt ferner bei der Mehrzahl der phanerogamen Gewächsen zwei Theile unterscheiden (Fig. 99); der äußere Theil, nach den Pflanzen von verschiedener Mächtigkeit, stirbt in der Regel früher ab und bildet bei den Luftwurzeln

Fig. 100.

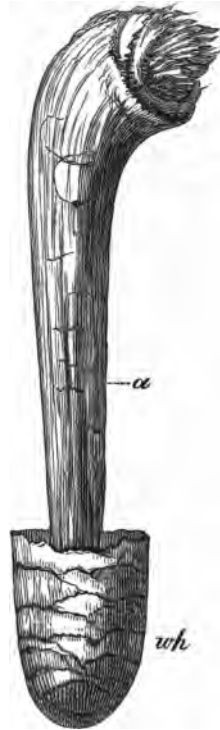
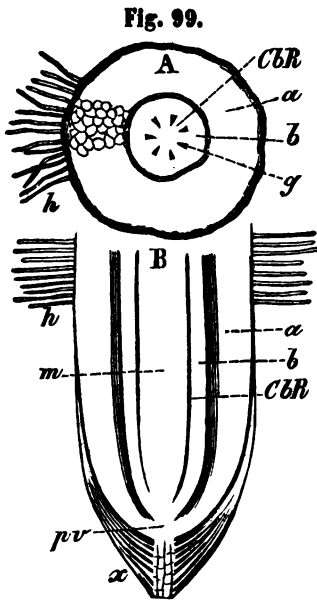


Fig. 99. *Alnus glutinosa*. A Querschnitt einer jungen Seitenwurzel, *a* äußerer Theil der primären Rinde, *b* innerer Theil derselben, *CbR* Cambiumring, *g* Gefäßbündel, *h* Wurzelhaare. B Längsschnitt durch dieselbe Wurzel, *m* das Mark, *pv* der Vegetationskegel, *a* die Wurzelhaube (20mal vergrößert).

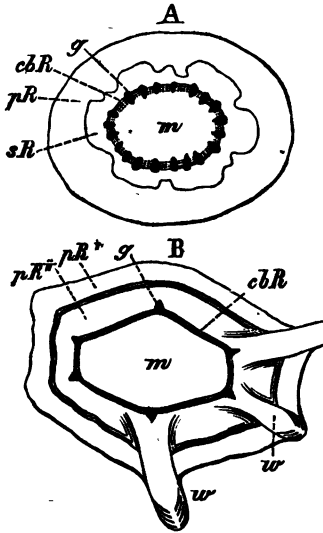
Fig. 100. Eine junge Luftwurzel von *Pandanus odoratissimus* im vertrockneten Zustande. Die Wurzel (*a*) hat sich beim Austrocknen stark zusammengezogen, wodurch die Wurzelhaube *wh*, welche hier aus zahlreichen sich unregelmäßig deckenden Schichten besteht, besonders deutlich hervortritt (Natürliche Größe).

der tropischen Orchideen die sogenannte Wurzelhülle (*velamen radicum*). Durch das Absterben der Außenrinde geht aber die zur Nahrungsaufnahme thätige Oberhaut der Wurzel verloren; doch mögen vielleicht die mit Luft erfüllten Zellen zur Verdichtung der Gase beitragen(?). Der innere Theil der primären Rinde verhält sich im Allgemeinen wie die primäre Rinde des Stammes; nur pflegt das Parenchym derselben niemals Blattgrün zu erzeugen.

Die Wurzel der Kryptogamen scheint überall (Farnkräuter, Equisetaceen, Lycopodiaceen), selbst wenn der Stamm mit einem einfachen Gefäßbündelkranz versehen ist, nur ein einziges centrales Gefäßbündel zu besitzen, das von der Rinde, selbst bei *Selaginella* (p. 95), eng umschlossen ist. Bei den Monocotyledonen dagegen darf man im Allgemeinen einen einfachen Gefäßbündelring annehmen, der meistens nach Außen von einer Kernscheide (Fig. 94. p. 121) umfaßt wird, und dessen einzelne Bündel nicht, wie im Stamm, scharf von einander geschieden sind (Fig. 53. p. 65). In solchem Falle verdickt sich die Wurzel nicht weiter, wenn sie dagegen, wie bei *Dracaena* und *Pandanus*, sich längere Zeit verdickt, so ist die Anordnung und Fortbildungsweise der Gefäßbündel in ihr, so lange die Verdickung dauert, vom Stamm nicht wesentlich verschieden. — Bei den Dicotyledonen ist die Wurzel im Allgemeinen wie der Stamm gebaut; sie hat ursprünglich ein Mark, das aber in vielen Fällen (ob immer?), wie NÄGELI in neuester Zeit gezeigt hat, durch eine centripetale Entwicklung der Erstlings-Gefäßbündel (pag. 68) mehr oder weniger verschwindet (die Luftwurzeln von *Laurus canariensis* sind auch später mit einem sehr weiten Mark versehen), und nur in seltenen Fällen ist bei gänzlichem Mangel des Markes ein einfaches, centrales Gefäßbündel vorhanden (*Cicuta virosa*). Die den Holzring der Wurzel bildenden Gefäßbündel unterscheiden sich aber in allen mir bekannten Fällen durch eine beschränkte Zellenvermehrung von denen des Stammes, so daß auf dieselbe Oberfläche eines Querschnittes der Wurzel viel weniger Theilungen des Gefäßbündels (Fig. 101) und eine viel geringere Zahl der Zellen erscheint, deren Größe dagegen der Räumlichkeit angemessen sind, so daß die Holz- und Gefäßzellen der Wurzel nicht selten 4 mal so weit als die betreffenden Zellenarten des Stammes erscheinen. Das Holz der Wurzel ist deshalb auch ungleich leichter als das Holz des Stammes und seine Holzzellen sind bei den Nadelhölzern mit 2—4 Tüpfelreihen versehen, während die Holzzelle des Stammes immer nur eine Tüpfelreihe besitzt (Fig. 31. p. 46). Die Kork- und Borkenbildung ist außerdem in vielen Fällen in der Wurzel viel entwickelter als im Stamme (*Euphorbia canariensis*, *Opuntia Ficus*

indica), durch sie verlieren die älteren Theile der Wurzel das Vermögen Säfte aufzunehmen oder abzugeben und durch sie wird auch zur

Fig. 101.



Herbstzeit die Wurzelspitze abgeschlossen, um für den Winter zu ruhen, während mit dem Beginn des Frühlings ihre Spitze von neuem zu wachsen beginnt. Die mit periodischen Unterbrechungen wachsende Wurzel hat deshalb auch gleich dem Stamm ihre Jahresringe (unsere sämtlichen Waldbäume).

Im Parenchym der Wurzel endlich sind nahebei dieselben Stoffe enthalten, welche wir im Stamme finden, nur scheint das Blattgrün überall zu fehlen; die Wurzeln einiger Pflanzen enthalten sogar verhältnißmäßig mehr Stärkmehl als der Stamm. Niemals kann die Wurzel selbst zum Stamme werden, wohl aber kann sie Stammknospen

bilden und so indirect einen neuen Stamm erzeugen (der Wurzel-ausschlag der Bäume, der Blüthestand der Monotropa).

XIV. Die Fortpflanzung der kryptogamen Gewächse.

§. 57. Die kryptogamen Gewächse, welche lange für geschlechtslos galten, sind mit Ausnahme der Pilze und Flechten, für welche die geschlechtliche Vermehrung zum wenigsten noch nicht sichergestellt ist, gleich den phanerogamen Pflanzen mit einem Geschlechtsapparat versehen. Im männlichen Organ, Antheridie genannt, bilden sich ein, jedoch häufiger zahlreiche, Körperchen, welche, nachdem sie freigeworden, mit scheinbar willkürlicher Bewegung umherschweben. Im weiblichen Organ entsteht dagegen nach der Befruchtung ent-

Fig. 101. *Juglans regia*. A Querschnitt des Stammes der jungen Keimpflanze, *pR* primäre Rinde, *sR* secundäre Rinde. *cbR* Cambiumring, *g* Gefäßbündel, *m* Mark. B Querschnitt der Pfahlwurzel derselben Keimpflanze. Die primäre Rinde zerfällt in 2 Theile *pR*¹ und *pR*². Die Seitenwurzeln (*w*) bilden sich nur da, wo Gefäßbündel liegen (5 mal vergrößert).

Schacht, Grundriss.

weder die Anlage zu einer jungen Pflanze (bei den meisten Algen, den Charen, Farnkräutern, Schachtelhalmen, Lycopodiaceen und Rhizocarpeen), oder es bildet sich in ihm eine Frucht mit zahlreichen Sporen (bei der Algengattung *Coleochaete*, desgleichen bei den Lebermoosen und Laubmoosen). Die männlichen und die weiblichen Geschlechtsorgane erscheinen entweder mit einander auf derselben Pflanze oder getrennt auf verschiedenen Pflanzenexemplaren.

Bei den Algen sind beide am einfachsten gebaut, sie bestehen dort meistens nur aus einer Zelle. Das weibliche Organ, das Oogonium, der Algen umschließt eine membranlose Protoplasmamasse, welche nach erfolgter Vermischung mit einem oder mehreren der beweglichen Körperchen des männlichen Organs, die hier Befruchtungskörper oder Antherozoiden genannt werden, zur Keimzelle wird. Bei der Gattung *Coleochaete* ist das weibliche Organ nicht mehr so einfach gebaut, indem das Oogonium hier nach der Befruchtung eine zellige Umhüllung erhält, was bei dem weiblichen Organ der Characeen in ähnlicher Weise wiederkehrt. Von den Laub- und Lebermoosen ab entsteht dasselbe, welches viele Autoren ohne Unterschied das Archegonium nennen, bei allen höheren Kryptogamen ursprünglich als ein an seiner Spitze geschlossenes, aus mehreren oder vielen Zellen zusammengesetztes Gebilde, welches in seinem Grunde eine grössere Zelle, HORMEISTERS Centralzelle, umschließt, und sich zur Zeit der Befruchtung an seiner Spitze öffnet, worauf ein freier Canal bis zur Centralzelle hinabführt, deren Inhalt, eine membranlose Protoplasmamasse, nach der Befruchtung entweder eine Keimpflanze (bei den Farnkräutern, Equisetaceen, Lycopodiaceen und Rhizocarpeen) bildet, in welchem Falle auch ich das weibliche Organ Archegonium oder Keimorgan nenne, oder zu einer Frucht mit vielen Sporen (bei den Leber- und Laubmoosen) wird, wo ich der älteren Bezeichnung dieses Organs als Pistill den Vorzug gebe.

Das männliche Organ, die Antheride, ist bei den Characeen am complicirtesten gebaut, seine Spermatozoiden oder Schwärmfäden bilden sich hier nämlich einzeln in kleinen Zellen, welche confervenartig aneinandergereiht lange Fäden darstellen, die mit anderen sehr regelmässig angeordneten Zellen das Innere des kugeligen Antheridiums ausfüllen, während dieselben bei allen übrigen Kryptogamen in Mutterzellen entstehen, die als gleichmässiges Gewebe den inneren Raum der Antheridie einnehmen. Die männlichen Organe der Farnkräuter und Equisetaceen sind ungestielt, sie erscheinen auf dem Vorkeim, während die gestielten Antheridien der Characeen, der Leber- und Laubmoose von der entwickelten Pflanze getragen werden.

Die Antheridien der Lycopodiaceen und einiger Rhizocarpeen endlich sind freie Zellen, welche, den Sporen ähnlich, in besonderen Organen (Antheridienbehältern) an der ausgebildeten Pflanze entstehen und zur Zeit der Befruchtung Schwärmfäden entlassen.

Die Spermatozoiden oder Antherozoiden der Algen sind kleine, einer Zelle ähnliche Körperchen, mit 2 oder mehreren Wimpern versehen, die mit Ausnahme der Florideen-Antherozoiden, denen die Wimpern fehlen, beweglich sind.

Die Schwärmfäden der Characeen, der Leber- und Laubmoose dagegen bestehen aus einem schraubenförmig gewundenen, zarten Faden, welcher nach den meisten Beobachtern mit zwei sehr langen zarten, peitschenschnurartigen Wimpern endigt. Bei den Farnkräutern, den Equisetaceen und bei Isoëtes dagegen ist das schraubenförmig aufgewundene Band des Schwärmfadens selbst mit vielen schwingenden Wimpern bekleidet. Die Schwärmfäden der Selaginella und der Rhizocarpeen endlich sind, soweit man sie bis jetzt kennt, zarte spiralförmig aufgewundene Fäden. Die Spermatozoiden der höheren Kryptogamen gehen mit schraubenförmig sich drehender Bewegung oft scheinbar willkürlich im Wasser umher. Nur bei den Algen, einem Laubmoose und den Farnkräutern ward bis jetzt ihr Eindringen in das weibliche Organ direct wahrgenommen.

Beide Geschlechtsorgane entstehen nun entweder an der ausgebildeten Pflanze (bei den meisten Algen, den Characeen, den Leber- und den Laubmoosen), oder auf einem bei der Keimung einer, auf ungeschlechtlichem Wege erzeugten, Sporenart hervortretenden Neubildung, welche man, da sich auf ihr erst später im Innern des Archegoniums die eigentliche Pflanze bildet, den Vorkeim nennt. Dieser Vorkeim wird bei den Farnkräutern und Schachtelhalmen zu einem größeren, freien flächenartigen Gebilde, bei den Lycopodiaceen und Rhizocarpeen dagegen bleibt derselbe gewissermaßen als Kappe auf dem Scheitel der sich öffnenden Spore sitzen, welche darauf durch ihren Inhalt entweder den Vorkeim (bei den Rhizocarpeen) oder die junge, nach der Befruchtung im Archegonium entstandene Pflanze selbst (bei Selaginella) ernährt. (Bei Selaginella bildet sich in der unter dem Vorkeim liegenden großen Zelle ein Nahrungsgewebe, bei den Rhizocarpeen dagegen bilden sich in ihr selbst Nahrungsstoffe und bei Selaginella füllt das Gewebe des Vorkeims die ganze Spore aus.) — Bei den Leber- und Laubmoosen ist die Frucht das Product geschlechtlicher Zeugung, bei den meisten Algen und allen übrigen höheren Kryptogamen verdankt dagegen die junge Pflanze selbst dem Geschlechtsact ihr Entstehen, während die Frucht mit den in ihr ent-

standenen Sporen aus sich, d. h. ohne Befruchtung, entsteht, und den Charen endlich derartige Früchte ganz fehlen.

Bei den Pilzen und Flechten, für welche die geschlechtliche Zeugung noch nicht mit Sicherheit nachgewiesen ist, kennt man mehrere Arten der Fortpflanzung durch frei werdende Zellen, welche sofort keimen; man kennt überdies frei werdende, gleichfalls unbewegliche, kleinere Zellen, welche nicht keimen und die man deshalb, sowie aus dem gleichzeitigen Vorkommen derselben mit bestimmten größeren, keimfähigen Zellen, als männliche Wesen betrachtet und Spermastien genannt hat. — Derselbe Pilz kann außerdem unter Umständen mit verschiedenen Fructificationsformen auftreten.

Die ungeschlechtliche Fortpflanzung erfolgt bei den Algen und beblätterten Lebermoosen durch einfache, sich ablösende Zellen (Brutzellen) der ausgebildeten Pflanze. Schon bei den laubigen Lebermoosen und bei den Laubmoosen bleiben die Brutzellen noch eine Zeit lang mit der Mutterpflanze in Verbindung und lösen sich erst als mehrzellige Körper von derselben. Bei den Farnkräutern dagegen bilden sich mit einem Gefäßsbündel versehene Brutknospen, welche zur neuen Pflanze werden. Mit dem Auftreten ausgebildeter Gefäßsbündel scheint nunmehr überhaupt die Fähigkeit einer ungeschlechtlichen Fortpflanzung durch sich ablösende Zellen aufzuhören, denn selbige ist von den Farnkräutern ab in der Reihe der höheren Gewächse nicht mehr bekannt, vielmehr auf die Brutknospen, welche bereits die Anfänge der Gefäßsbündel besitzen, übertragen.

Eine andere Art ungeschlechtlicher Fortpflanzungszellen der Algen sind als Schwärmersporen bekannt. Mit einer bestimmten Anzahl schwingender Wimpern versehen, laufen dieselben eine Zeit lang im Wasser umher, werden darauf allmähig stille und keimen. Durch die Schwärmersporen geschieht die rasche Vermehrung dieser Gewächse in der ihrem Gedeihen günstigen Jahreszeit, während die durch Zeugung entstandenen viel größeren und durch dicke Zellstoffhülle geschützten Sporen die Pflanze während der Dauer ungünstiger Verhältnisse (z. B. für die Winterzeit) erhalten. Bewegliche Sporen sind nur für die Algen bekannt. Es giebt für einige Oedogonium-Arten sogar zweierlei Schwärmersporen, nämlich Androsporen, welche sehr kleine, eine Antheridie tragende männliche Pflanzen entwickeln, und andere Schwärmersporen, aus denen die große Pflanze mit weiblichen Organen hervorgeht. Die Zwitterpflanzen derselben Gattung besitzen dagegen nur einerlei Schwärmersporen.

Die Sporen der Leber- und Laubmoose, aus der durch geschlechtliche Zeugung entstandenen Frucht, keimen mit einem faden- oder flächenförmigen Vorkeim, auf dem direct eine oder mehrere Knospen

entstehen, die zu jungen Pflanzen heranwachsen; die nicht durch geschlechtliche Zeugung entstandene Spore der Farnkräuter, Schachtelhalme, Lycopodiaceen und Rhizocarpeen dagegen entwickelt einen Vorkeim, in dessen Keimorgan erst durch die Befruchtung eine junge Pflanze entsteht, die aus dem letzteren hervorwächst.

Man kann nach der hier übersichtlich zusammengestellten Erscheinungsweise geschlechtlicher und ungeschlechtlicher Fortpflanzung die Kryptogamen 1. in geschlechtlich fruchtbildende und 2. in geschlechtlich keimbildende Pflanzen unterscheiden. Nach der Art der Fortpflanzung kann man ferner dieselben noch in 6 Gruppen theilen: 1. Gewächse, deren geschlechtliche Fortpflanzung bis jetzt nicht sicher festgestellt ist (Pilze, Flechten); 2. Pflanzen, deren männliche und weibliche Organe noch aus einer einfachen Zelle bestehen und welche sich durch runde oder längliche bewegliche Körper befruchten und die ferner mit beweglichen ungeschlechtlich entstandenen Sporen, Schwärmsporen, versehen sind (Algen); 3. Pflanzen, welche Pistill und Antheridie mit Schwärmfäden auf der vollkommenen Pflanze entwickeln (Leber- und Laubmoose); 4. Pflanzen, welche Keimorgan und Antheridie an der vollkommenen Pflanze ausbilden (die Charen); 5. Gewächse, deren Spore einen flächenartigen Vorkeim entwickelt, auf welchem Antheridien und Keimorgane entstehen (die Farnkräuter und Equisetaceen); und endlich 6. Pflanzen, deren eigenthümlich gebaute Spore sich mit der Antheridie an der vollkommenen Pflanze entwickelt, deren Spore jedoch erst später, und zwar auf ihrem Scheitel, einen Vorkeim bildet, auf dem ein oder mehrere Keimorgane entstehen, während sich um dieselbe Zeit in den Antheridien Schwärmfäden entwickeln (Lycopodiaceen und Rhizocarpeen).

Der Vorkeim (Proembryo) der höheren Kryptogamen ist eine aus Parenchym bestehende Bildung ohne Gefäßsbündel, welche vergeht, sobald sich auf ihm die neue Pflanze entwickelt hat.

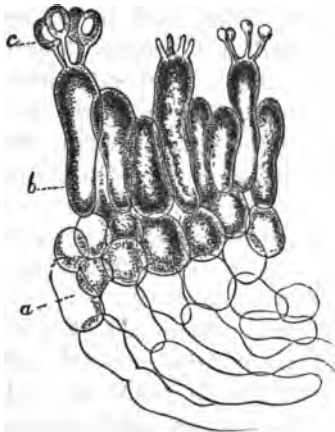
Die Fortpflanzung der Pilze und Flechten.

§. 58 u. 59. Die Pilze und Flechten sind auch in ihrer Frucht- und Sporen- (Samen-) Bildung nicht verschieden; ihr Gewebe besteht im Allgemeinen aus fadenförmigen Zellen (Hyphen), die jedoch bisweilen eine andere Gestalt annehmen (Fig. 25. p. 36) und deren freie Endzellen sich als Fortpflanzungsorgane ausbilden. Die Zellenfäden bleiben nun entweder für sich (bei den niedrigen Pilzen, den Schimmelarten u. s. w.), oder sie bilden durch einander verlaufend ein Pilzlager (Mycelium) oder Flechtenlager (Thallus), aus dem wieder bei den höchsten Pilzen nach festen morphologischen Gesetzen eine scharf

begrenzte Kugel-, Hut- oder Bechergestalt hervorgeht, welche in bestimmter Anordnung die Fortpflanzungsorgane entwickelt.

Bei den höher organisirten Pilzen unterscheidet man nun zwei Arten der Sporenbildung: 1. mit Schläuchen, in deren Innern sich durch freie Zellenbildung mehrere Sporen entwickeln (Asci) (Fig. 11. p. 19), welche der *Morchella*, *Helvella* und den Flechten eigen sind; 2. mit Schläuchen, an deren Spitze durch Abschnürung eine oder

Fig. 102.



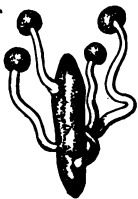
mehrere, in der Regel 4, Sporen entstehen (Basidien) (Fig. 102). Die Sporen der Asci werden Thecasporen, die Sporen der Basidien dagegen Acro- oder Stylosporen genannt.

Außerdem sind bei vielen Pilzen und Flechten kleinere, freiwerdende Zellen (Spermatien) gefunden, welche entweder zwischen den wirklichen Sporen oder in besonderen Organen (Spermogonien) gebildet werden und deren Keimung niemals beobachtet ist, weshalb sie von Einigen für Befruchtungskörper, sowie die Organe,

in denen sie sich gebildet, für männliche Apparate gehalten werden, über deren Verhältniß zu den eigentlichen Sporen aber bis jetzt ein vollständiges Dunkel schwebt.

Bei vielen niederen Pilzen ist außerdem ein Dimorphismus der wirklichen Fortpflanzungsorgane nachgewiesen, so daß derselbe

Fig. 103.



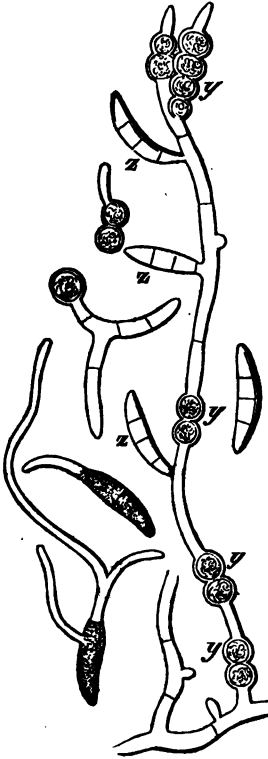
Pilz unter Umständen 2 — 3 verschiedene Sporenarten zeigt, wofür das Mutterkorn des Getreides ein Beispiel liefert, indem nach TULASNE zuerst ein Spermatien bildender Pilz entsteht, aus welchem sich später eine dichtere Mycelliumform, das eigentliche Mutterkorn, entwickelt, welches überwintert, um im kommenden Frühjahr einen Pilz mit kleinen gestielten, höckerigen, rothen Knöpfchen (die *Claviceps*) hervorzubringen (Fig. 103). Man findet sogar in anderen Fällen an

Fig. 102. Partie eines Längsschnittes durch die Fruchtlamelle des Fliegen-schwammes (*Amanita muscaria*). *a* Uebergang des fadenförmigen Pilzgewebes in runde Zellen, *b* ein Sporenschlauch (Basidia), *c* vier Sporen kurz vor der Ablösung von ihrem Sporenschlauch (400 mal vergrößert).

Fig. 103. Die aus dem Mutterkorn hervorstwachsende *Claviceps* nach TULASNE's Abbildung copirt.

demselben Pilzfaden zweierlei Sporenformen (Fig. 104), welche am besten für den Dimorphismus sprechen. Es ist deshalb für die sichere Bestimmung eines niederen Pilzes nothwendig, sämtliche Entwicklungsphasen desselben zu kennen, desgleichen ist es zur Zeit nicht möglich die Fortpflanzungszellen der Pilze nach ihrem Werthe richtig einzutheilen.

Fig. 104.



Man unterscheidet vorläufig mit TULASNE 1. Thecasporien, 2. Stylosporen, 3. Spermarien und 4. Gonidien oder Zellen, welche sich direct vom Pilzlager ablösen und wie die Brutzellen der Lebermoose ein neues Pflanzenexemplar erzeugen können. Die Gonidien der Flechten sind die einzigen mit Blattgrün erfüllten Zellen des Flechtengewebes, welche durch Abschnürung aus letzterem hervorgehn und ihrerseits wieder neue Pflanzen bilden können. Für die Flechten sind außer ihnen nur Spermarien und Thecasporien bekannt, welche in der Regel in schüsselförmigen Organen (Conceptaculis) an der Oberfläche des Laubes auftreten. Die Thecasporien, Stylosporen und Gonidien keimen, doch ist die vollständige Entwicklungsgeschichte der höheren Pilze und Flechten noch keinesweges vollständig bekannt; so wissen wir nicht, ob das Lager derselben durch eine oder durch viele Sporen gebildet wird.

Selbst die niedrigsten Pilze scheinen nicht spontan zu entstehen. Neubildung von Hefe erfolgt in der Würze nur bei Zutritt der atmosphärischen Luft. Die Scharnotzerpilze wachsen von Aussen in die von ihnen befallenen Thiere und Pflanzen, ihre Fäden durchbohren die Zellwand, die Fructification derselben scheint dagegen niemals im Innern des ernährenden Gewebes aufzutreten. Die Rhizomorpha-Arten sind sterile Pilzformen.

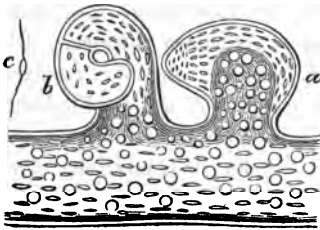
Fig. 104. Ein Pilzfaden aus der nafsfaulen Kartoffelknolle, welcher sowohl die kugeligen einzelligen Sporen des *Oidium violaceum* (y), als auch die mehrzelligen länglichen Sporen des *Fusisporium Solani* (z) entwickelt hat, die beide sehr leicht keimen (400mal vergrößert).

Die Fortpflanzung der Algen.

a) Geschlechtliche Fortpflanzung.

§. 60. Bei den Algen ist, namentlich durch PRINGSHEIM, der Befruchtungsvorgang am vollständigsten im Pflanzenreiche nachgewiesen. — Bei *Vaucheria*, welche aus einer langen fadenförmig verzweigten Zelle besteht, bilden sich nämlich dicht neben einander zweierlei Organe, von denen das Eine als Hörnchen bekannt war

Fig. 105.



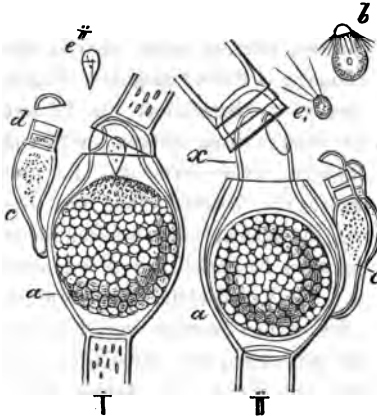
und die Antheridie darstellt; während das andere das weibliche Organ, das Oogonium, abgibt (Fig. 105). Beide sind durch Bildung einer Scheidewand von dem Inhalt des *Vaucheria*fadens getrennt. Die Antheridie öffnet sich fast gleichzeitig mit dem weiblichen Organ an ihrer Spitze und entläßt zahlreiche, kleine,

bewegliche, mit zwei Wimpern versehene Körperchen, welche in das geöffnete weibliche Organ gelangt, die von keiner festen Membran umkleidete Oberfläche des Inhaltes, den PRINGSHEIM die Befruchtungskugel nennt, umspielen und einzeln in denselben einzudringen scheinen, worauf als erstes Zeichen der Befruchtung eine feste Membran um die Befruchtungskugel sichtbar wird. — Bei *Oedogonium*, wo bei einigen Arten aus einer Schwärmzelle erst eine kleine männliche Pflanze zum Zwecke der Befruchtung gebildet wird (Fig. 106 I), tritt der hier viel größere Befruchtungskörper (Spermatozoid, Antherozoid), welcher einzeln in einer Zelle des männlichen Pflänzchens entsteht, sichtbar in die Befruchtungskugel des weiblichen Organs hintüber, gewissermaßen im Inhalt derselben aufgehend, worauf gleichfalls die Bildung einer festen Hülle um dieselbe beginnt und die befruchtete Befruchtungskugel wie bei *Vaucheria* zur Ueberwinterungsspore wird (Fig. 106 II), welche im Frühjahr zur Keimung gelangt. Bei *Bulbochaete* und *Sphaeroplea* bilden sich dagegen in der durch die Befruchtung entstandenen Ueberwinterungsspore im Frühjahr 4 Schwärmsporen, welche ihrerseits keimen. Die Befruchtung ist jetzt fast für alle Gruppen der Algen, welche sämtlich im Wasser leben,

Fig. 105. *Vaucheria sessilis* nach PRINGSHEIM copirt. Ein Zustand kurz vor der Befruchtung. *a* Die Sporenmutterzelle (das weibliche Organ), *b* das Hörnchen (das männliche Organ), *c* ein Befruchtungskörper (Samenkörper). Bei *a* ist die Bildung der Scheidewand noch nicht erfolgt (Vergrößerung 250 mal).

nachgewiesen, doch ist der directe Uebertritt der Befruchtungskörper nicht überall mit gleicher Schärfe wahrzunehmen, so daß einige For-

Fig. 106.



scher, z. B. bei den Fucaceen, wo die Oogonien in besonderen Höhlungen des Laubes, entweder mit den Antheriden oder von diesen getrennt, auftreten, für diesen Fall eine diosmotische Vermischung des Inhaltes der Befruchtungskörper mit dem Inhalt der Befruchtungskugel annehmen. Im Allgemeinen aber kann man, trotz mancherlei Variationen folgende, von PRINGSHEIM aufgestellte Sätze festhalten:

1. Im Zeugungsacte erfolgt eine materielle Vermischung der ganzen Masse, aus welcher der Samenkörper besteht, mit der im weiblichen Geschlechtsorgane gebildeten, noch nackten Befruchtungskugel.

2. Die erste Zelle des neuen Organismus präexistirt nicht fertig in dem weiblichen Geschlechtsorgan ist vielmehr erst das Product der Zeugung.

3. Die Samenkörper bilden keinen morphologisch bestimmten Theil der neuen Zelle — etwa den Zellkern — sie gehen vielmehr ihrer Gestalt nach auf und wirken nur durch ihre Stoffe.

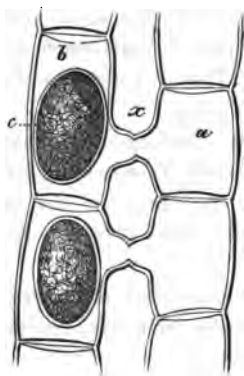
4. Ein einziger Samenkörper genügt zur Ausübung des Geschlechtsactes (bei Oedogonium).

Beiderlei Geschlechtsorgane der Algen sind noch sehr einfach gebaut; sie bestehen aus einer Zelle. Die Befruchtungskörper sind, mit Ausnahme der Florideen, für welche der Befruchtungsvorgang noch nicht bekannt ist, bewegliche, meistens mit 2 Wimpern versehene,

Fig. 106. Oedogonium ciliatum nach PRINGSHEIM copirt. I Augenblick der Befruchtung. a Das Oogonium, das sich an seiner Spitze mit einem Deckel geöffnet hat und in welchem sich kurz vor der Befruchtung um die membranlose Befruchtungskugel der Befruchtungsschlauch (II. a) mit seiner Oeffnung gebildet hat, während am Oogonium selbst ein männliches Pflänzchen (c) haftet, das aus der Schwärmspore (b) entstanden ist (p. 132). Das zweizellige Antheridium (d) dieses Pflänzchens hat seinen Deckel abgeworfen und der obere Befruchtungskörper ist durch die runde Oeffnung des Befruchtungsschlauches an die Befruchtungskugel gelangt, in welche er bald darauf eindringt und verschwindet. II Ein kürzlich befruchtetes Oogonium, an dem zwei männliche Pflanzen sitzen; e u. e' Befruchtungskörper (Samenkörper) (350mal vergrößert).

länglich runde Körperchen. Aus der Befruchtungskugel bildet sich durch die Begattung entweder eine auch beim Keimen unbewegliche Spore (Vaucheria, Oedogonium, Pythium, Volvox), oder es entsteht aus ihr ein vielzelliges Gewebe, welches später ebenso viele Schwärmsporen entläßt (Colechaete), oder es bilden sich in der einfachen Spore erst zur Zeit der Keimung 4 Schwärmsporen (Bulbochaete, Sphaeroplea), in allen Fällen aber überwintert die Pflanze durch die auf geschlechtlichem Wege entstandenen Sporen, während sie sich im Sommer auf ungeschlechtliche Weise vermehrt. Da nun bei der Copulation gewisser Algen (Spirogyra, Zygnema und den Diatomaceen), für welche ein geschlechtlicher Act in der eben beschriebenen Weise nicht bekannt ist, die Vermischung des körnigen Inhaltes der Zellen zweier verschiedener Exemplare mit einander stattfindet und darauf aus dem gemischten Inhalt durch Bildung einer festen Membran um denselben die Ueberwinterungsspore entsteht (Fig. 107), so halte ich mit einigen anderen Pflanzenphysiologen (DE BARY) die Copulation gleichfalls für einen Geschlechtsact und die durch denselben entstandene Spore der Oospore gleichwerthig.

Fig. 107.



b) Ungeschlechtliche Fortpflanzung der Algen.

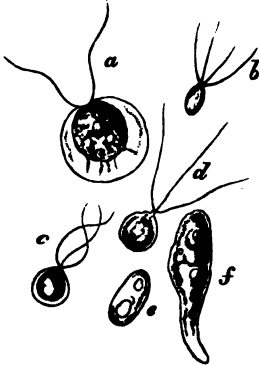
(Schwärmsporen und Brutzellen.)

§. 61. Als Schwärmsporen im engeren Sinne des Wortes bezeichnet man jetzt diejenigen Sporen der Algen, welche ohne vorhergegangene Befruchtung im Innern einer Mutterzelle entstanden sind und derselben entschlüpft, mit Bewegungsorganen versehen, eine Zeit lang umherschwärmen, darauf aber ganz allmählig stille werden und keimen, während man, bevor die geschlechtliche Zeugung bei den Algen festgestellt war, auch diejenigen beweglichen Körper, welche niemals zur Keimung gelangten (Befruchtungskörper), wenngleich mit dem Argwohn einer geschlechtlichen Bedeutung, unter die Schwärmsporen zählte, und da sie in der Regel viel kleiner als die anderen sind, Microgonidien nannte.

Fig. 107. Die Copulation der Spirogyra. *a* u. *b* sich gegenüberliegende Zellen zweier Fäden, welche sich durch einen Fortsatz *x* verbunden haben, die Spore *c* ist aus dem Gesamteinhalt beider Zellen entstanden (200 mal vergrößert).

Die Schwärmsporen sind ursprünglich membranlose Zellen, um welche erst bei der Keimung eine feste Membran entsteht, sie sind entweder im ganzen Umkreis mit Wimpern bekleidet (Vaucheria), oder an ihrer Spitze mit einem Wimperkranz (Oedogonium, Bulbochaete), oder mit 2—4 langen Wimpern (Chlamidococcus, Ulothrix) versehen. Wenn sie der Mutterzelle, in der sie durch freie Zellbildung (p. 18) entstanden, entschlüpft sind, tummeln sie längere Zeit, Stunden bis Tage lang, im Wasser umher, wobei ihre fadenförmigen Wimpern munter hin- und hergeschwenkt werden und wachsen, endlich stille werdend, mit Verlust der Wimpern zur neuen Algenpflanze aus (Fig. 108). Dieselben unterscheiden sich von den Infusorien, denen sie bisweilen ähnlich sind, durch die Art ihrer nur scheinbar willkürlichen Bewegung; sie vermehren die Algen zur Sommerzeit, und bewirken auch bei einigen Schmarotzeralgen (Pythium, Chytridium, Rhizidium) das Eindringen des Parasiten in die Zellen seiner Nährpflanze.

Fig. 108.



Die Brutzellen endlich sind vegetative Zellen einer Algenpflanze, welche in bestimmter Weise frei werden, sich selbstständig zur neuen Pflanze ausbilden und ebenfalls während der Sommerzeit die Vermehrung übernehmen (Ulothrix, Spirogyra).

Für die Algen sind somit 3 Arten der Vermehrung nachgewiesen: 1. durch Geschlechtssporien (Oosporen), 2. durch Schwärmsporien (Zoosporen) und 3. durch Brutzellen. Zu einer bestimmten Zeit ist die Eine, zu einer anderen wieder die Andere Vermehrungsart vorwaltend. Schwärmsporien sind nur für die Algen bekannt.

Die Fortpflanzung der Charen.

§. 62. Bei den Charen, welche wie die Algen sämtlich im Wasser leben, besteht das weibliche Organ (Keimorgan) aus einer grossen Zelle, der Centralzelle, welche wahrscheinlich erst nach geschehener Befruchtung durch 5 Zellen, dem Stamm ähnlich, spiralig

Fig. 108. Schwärmsporien einiger Algen. *a* Schwärmende Sporen von *Chlamidococcus pluvialis*, *b* Schwärmsporien von *Stigeoclonium* (nach getrockneten Präparaten), *c*—*f* Schwärmende sowie keimende Sporen von *Ulothrix* (400mal vergrößert).

berindet wird. Die Befruchtung ist unbekannt, doch keimt aus der Centralzelle später die junge Pflanze hervor. — Das männliche Organ (die Antheridie) bildet eine Kugel von sehr complicirtem Bau, in deren Innern sich aus vielen kleinen Zellen bestehende Fäden entwickeln, deren Zellen zuerst einen Zellkern zeigen, später aber einen aufgerollten Schwärmfaden enthalten, welcher beim Oeffnen der Antheridie seiner Zelle entschlüpft (Fig. 109) und sich um seine eigene Achse drehend und mit zwei langen Wimpern schwenkend, munter im Wasser umherschwimmt und sicherlich, gleich dem Befruchtungskörper der Algen, die Befruchtung des Inhaltes der Centralzelle des weiblichen Organs vollzieht.

Die ungeschlechtliche Vermehrung der Charen erfolgt durch sich ablösende Stammglieder.

Die Fortpflanzung der Leber- und Laubmoose.

§. 63 u. 64. Die Lebermoose unterscheiden sich von den Laubmoosen durch ihre Blätter, die niemals einen Mittelnerv besitzen und

Fig. 110.

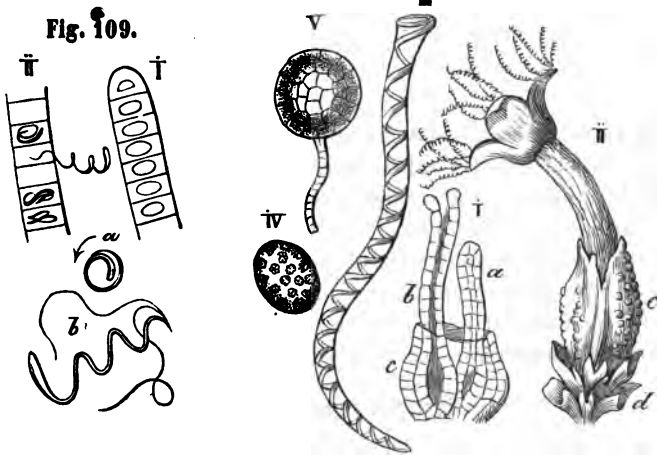


Fig. 109. *Chara fragilis*. i Das Ende eines Antheridiumfadens vor der Bildung der Schwärmfäden. ii Partie eines anderen mit ausgebildeten Spermatozoiden. iii Ein sich drehender Schwärmfaden. iv Ein solcher durch Jod getödtet (500mal vergrößert).

Fig. 110. *Frullania dilatata*. i Das junge Perianthium (c) mit den beiden Pistillen a und b; die Spitze des Halstheiles ist bei b bereits geöffnet. ii Die eben aufgesprungene Frucht, c das Perianthium, d die Perichaetialblätter. iii Ein Schleuderer. iv Eine reife Spore. v Ein Antheridium (i u. v 50mal, ii 10mal, iii u. iv 180mal vergrößert).

durch ihre Kapselfrüchte, welche meistens mit 4 Klappen aufspringen, während sie sich bei den Laubmoosen durch ein Deckelchen öffnen und endlich durch das Fehlen des Mittelsäulchens in der Kapselfrucht.

Das männliche Organ (die Antheridie) der Lebermoose ist in der Regel kugelförmig (Fig. 110) und gestielt, bei den Laubmoosen dagegen cylindrisch, gestielt und von Zellenfäden (Paraphysen) umgeben. Das Innere desselben ist mit kleinen Zellen ausgefüllt, deren jede einen Schwärmfaden entwickelt, welcher wie bei *Chara* aus einem spiralförmig gewundenen Bande besteht, das am vorderen Ende zwei lange schwingende Wimpern besitzt, am anderen aber bisweilen seine Zelle als Scheibe oder Bläschen nachschleppt. Die Antheridie öffnet sich an ihrer Spitze so, daß ihr Inhalt (Fovilla) plötzlich hervorspritzt. Die Schwärmfäden bewegen sich mit einer Drehung um ihre Achse munter im Wasser umher.

Das weibliche Organ (Pistill) der Laub- und Lebermoose (Fig. 110 u. 111) erscheint in der Regel gesellig; seine Spitze ist anfänglich geschlossen, öffnet sich aber zur Zeit der Befruchtung, auch sah HOFMEISTER bei *Funaria* Schwärmfäden im Halstheil desselben. Aus der Befruchtungskugel (Keimbläschen nach HOFMEISTER) (p. 136), welche im weiteren Grunde (Centralhöhle) des Keimorgans liegt, bildet sich darauf die Fruchtanlage mit ihrem Stiel (Seta), während der Halstheil des

Fig. 111.



Fig. 112.



Fig. 111. Ein zur Befruchtung fertiges Pistill von *Phascum cuspidatum*, nach HOFMEISTER copirt. x Das Keimbläschen (300 mal vergrößert).

Fig. 112. A Die Frucht von *Fissidens bryoides*, nach PAYER copirt. a Der untere Theil der Mooskapsel, b das Deckelchen, c die Calyptra. B Der einfache Mündungsbesatz der Kapsel (beide, aber in verschiedenem Grade, vergrößert).

Pistilla vertrocknet, seine Basis aber bei den Lebermoosen mit der jungen Frucht fortwächst und zur Calyptra wird, welche, dieselbe umhüllend, erst zur Zeit der Reife von der Frucht, die auf einem langen sich schnell (in 1—3 Tagen) verlängernden saftigen Stiele emporwächst, durchbrochen wird; bei den Laubmoosen dagegen durch eine frühzeitig erfolgende Verlängerung des sehr festen Fruchstieles bald am Grunde abgerissen und als vertrocknete Kapselmütze (Calyptra) mit der Frucht emporgehoben wird (Fig. 112). In der letzteren aber bilden sich bei den Lebermoosen sämtliche Zellen des Innern zu Sporenmutterzellen und zu Schleuderzellen (Fig. 110. III. p. 140) aus, während bei den Laubmoosen das Centrum der Fruchtanlage keine Sporenmutterzellen bildet, vielmehr zum Mittelsäulchen (Columella) wird, um welches die Mutterzellen der Sporen liegen. Die Schleuderer sind nur den Lebermoosen eigen. (Anthoceros hat ein Mittelsäulchen und eine zweiklappig aufspringende Frucht, Andraea und Archidium haben keine Columella, endlich springt noch die Frucht von Andraea, wie bei den Lebermoosen, mit 4 Klappen auf.) Die Lebermoosfrucht ist ferner in der Regel von einer blattartigen Hülle, dem Kelch, umgeben. Die männlichen und weiblichen Organe kommen bei beiden Pflanzengruppen entweder mit einander auf derselben Pflanze vor oder sie erscheinen auf getrennten Exemplaren, auch läßt sich nicht selten ein männlicher und ein weiblicher Fruchtstand unterscheiden (bei den Marchantieen). Beim Keimen der Sporen entsteht ein Zellenfaden, an dem sich eine oder mehrere Knospen bilden, die zur jungen Pflanze werden. Beiden fehlt die eigentliche Wurzel (p. 125). Die laubigen Lebermoose haben einen flächenartigen Stamm mit wenig ausgebildeten Blättern.

Die Bildung der Brutzellen zur ungeschlechtlichen Vermehrung erfolgt nach den Pflanzen in verschiedener Weise; bald sind es Zellen der Blätter (*Jungermannia anomala*) oder anderer Theile und bald wieder in bestimmten Brutknospenbehältern entstandene Zellen oder Zellengruppen (*Blasia* und die Marchantieen). Wo die geschlechtliche Vermehrung vorwaltet, tritt die andere zurück und umgekehrt.

Die Fortpflanzung der Farnkräuter.

§. 65. Bei den Farnkräutern und den folgenden Gruppen der Kryptogamen erscheinen die Geschlechtsorgane am Vorkeim oder an demjenigen Gebilde, welches sich aus der keimenden Spore entwickelt (Fig. 113).

Die Antheridie der Farnkräuter ist ungestielt (Fig. 113), sie zeigt sich auf der Unterseite und am Rande des flächenförmigen Vor-

keims, öffnet sich darauf an ihrer Spitze und entläßt zahlreiche Schwärmfäden, die aus einem schraubenförmig aufgerollten Bande bestehen, dessen engere Windungen mit langen schwingenden Wim-

Fig. 113.

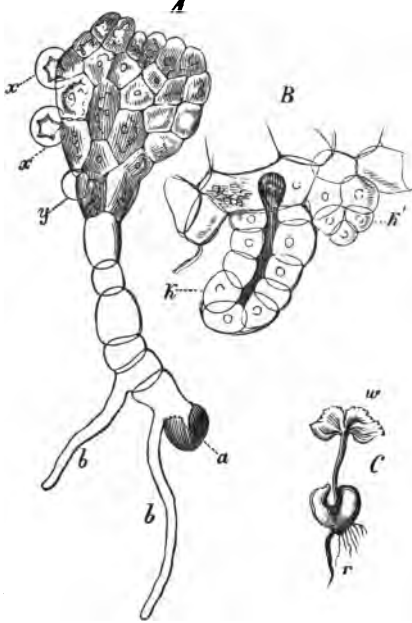
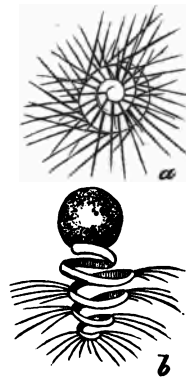


Fig. 114.



pern besetzt sind, dessen letzte nackte Windung aber häufig seine Zelle als Blase nach sich schleppt (Fig. 114).

Das weibliche Organ (Keimorgan, Archegonium), dem Pistill der Moose ähnlich gebaut (p. 130), aber mit einem kürzeren Halstheil (Fig. 115), erscheint gleichfalls auf der Unterseite des Vorkeims, jedoch nur an der aus mehreren Zellschichten bestehenden Mitte desselben. Die Spitze des Halstheiles öffnet sich, es treten Schwärmfäden hinein, welche nach HOFMEISTER das Keimbläschen (die Befruchtungskugel) umspielen, aus welchem sich, nach stattgefundener Befruchtung, der

Fig. 113. Keimung eines Farnkrautes (*Pteris serrulata*). *A* Der Vorkeim aus der Spore (*a*) hervorgegangen, *b* Wurzelhaare, *x* und *y* Antheridien. (80 mal vergrößert). *B* Theil eines Längsschnittes durch einen weiter entwickelten Vorkeim, *k* ein Keimorgan, dessen Halstheil sich noch nicht geöffnet hat, *k'* ein ganz junges Keimorgan (200 mal vergrößert). *C* Die junge Pflanze mit ihrem Vorkeim in natürlicher GröÙe, *w* der erste Wedel, *r* die erste Wurzel.

Fig. 114. Schwärmfäden von *Pteris serrulata*. *a* von oben gesehen, ruhend. *b* von der Seite gesehen, gleichfalls ruhend (500 mal vergrößert).

Keim der jungen Pflanze entwickelt, deren erster Wedel bald hervortritt, während die erste Wurzel (Pfahlwurzel) in den Boden wächst. Auf den Blättern des Wedels aber bilden sich an bestimmten Stellen die Sporenfrüchte (Sporangien, Fig. 116), welche meistens gesellig auftreten und von einer Hautfalte (dem Schleier, Indusium) in bestimmter Weise geschützt werden. Auf den Wedeln einiger Farnkräuter entstehen auch Brutknospen zur ungeschlechtlichen Vermehrung dieser Gewächse.

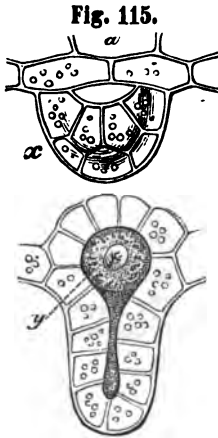


Fig. 115.

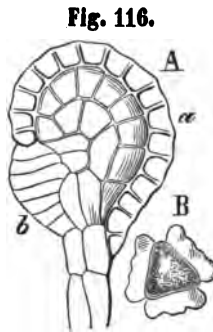


Fig. 116.



Fig. 117.

Die Fortpflanzung der Equisetaceen.

§. 66. Die geschlechtliche Fortpflanzung der Schachtelhalme ist den Farnkräutern sehr verwandt, beide Organe entstehen nämlich auch hier auf einem flächenartigen Vorkeim und zwar die sitzende Antheridie früher als das Keimorgan. Auch die Schwärmfäden sind ähnlich gebaut, desgleichen wächst die Keimpflanze in ähnlicher Weise aus dem befruchteten Keimorgan hervor, doch sind die Keimungsversuche viel schwieriger als bei den Farnkräutern anzustellen; auch erscheinen die weiblichen Organe nur selten mit den männ-

Fig. 115. *Pteris serrulata*. a Die Antheridie. y Das noch an seiner Spitze geschlossene Keimorgan mit der Befruchtungskugel (300mal vergrößert).

Fig. 116. *Pteris serrulata*. A Das Sporangium kurz vor dem es sich öffnet, a der Annulus, bei b, wo später das Sporangium aufreißt, fehlt derselbe. B Eine Spore (A 80mal, B 300mal vergrößert).

Fig. 117. Sporen verschiedener Kryptogamen. a Vom Fliegenschwamm, b der Gährungspilz des obergährigen Bieres, c die Spore der Trüffel, d die Spore von *Borreria ciliaris*, e von *Pteris aquilina*, f u. g von *Equisetum* (vergrößert).

lichen auf demselben Vorkeim. Die Sporen entstehen in Kapselfrüchten an einem ährenförmigen ^{Sporen} ~~Blüten~~stande. Die Außenhaut der reifen Spore zerfällt in zwei sehr hygroskopische Bänder, die sogenannten Schleuderer der Equisetaceenspore (Fig. 117). — Die ungeschlechtliche Vermehrung geschieht durch Brutknospen und unterirdische Ausläufer.

Die Fortpflanzung der Lycopodiaceen.

§. 67. In den Kapselfrüchten der Lycopodiaceen, welche in der Blattachsel eines ährenförmigen Fruchtstandes erscheinen, bilden sich Sporen zweierlei Art, größere weibliche Sporen (Megasporen) und kleinere männliche Sporen (Microsporen). In den Megasporen der Selaginella entsteht bei der Keimung unter einer mit 3 Lappen aufbrechenden Oeffnung der Sporenhaut ein Vorkeim, auf dem mehrere Keimorgane erscheinen, während sich später auch unterhalb des Vorkeims ein Zellgewebe bildet. In den Microsporen aber entwickeln sich um dieselbe Zeit kleine Zellen, deren jede einen spiralförmig aufgerollten Schwärmfaden einschließt. In dem befruchteten Keimorgan bildet sich darauf die Anlage zur jungen Pflanze, welche bei Selaginella von einer längeren fadenförmigen Zelle getragen in das unter dem Vorkeim liegende Gewebe hinabwächst und von demselben ernährt, später aus der Spore hervorkeimt. Bei Isoetes füllt dagegen der Vorkeim selbst als Zellgewebe die ganze Spore aus. Unter der dreilappigen Oeffnung der Sporenhaut entstehen auch hier mehrere Keimorgane, in den Microsporen aber bilden sich 4 Tochterzellen, deren jede einen Schwärmfaden entläßt. Im befruchteten Keimorgan entsteht darauf ein Keim ohne Aufhängefaden. Für die übrigen Lycopodiaceen, die nur eine Sporenart besitzen, ist die Keimung nur unvollständig bekannt.

Die Fortpflanzung der Rhizocarpeen.

§. 68. Die männlichen und weiblichen Organe erscheinen auf der ausgebildeten Pflanze in besonderen zelligen Säckchen (Sporocarpien), entweder beisammen oder getrennt. Das weibliche Organ oder die große Spore (Megaspore) trägt am Scheitel ihrer dicken Sporenhaut eine Erhebung mit dreilappiger Oeffnung, unter welcher bei der Keimung der Vorkeim auftritt, auf dem bei Marsilea nur ein, bei Salvinia dagegen mehrere Keimorgane entstehen, deren Halstheil aus der Oeffnung der Megaspore hervorsieht. Der unter dem Vorkeim liegende Raum füllt sich hier nicht mit Zellgewebe. Das männliche Organ oder der Antheridienbehälter ist einer langgestreckten Lebermoos-Antheridie ähnlich (Fig. 110 V. p. 140) und von kleinen mit einander verklebten Zellen (den Microsporen) erfüllt, welche entweder im Früh-

jahr Schläuche aussenden (*Salvinia*), in denen mehrere kleine runde Zellen mit einem Spiralfaden entstehen, oder ohne Schlauchbildung mehrere Schwärmfäden entlassen (*Pilularia*), welche, frei geworden, munter im Wasser umhertummeln. Die Megaspore wird im Frühjahr, auf dem Wasser schwimmend, von den Schwärmfäden befruchtet und aus ihrem Keimorgan wächst später die junge Pflanze hervor.

XV. Die Blüthe der phanerogamen Gewächse.

Die Blüthe im Allgemeinen.

§. 69. Die Blüthe ist derjenige Theil einer phanerogamen Pflanze, welchem die Bildung des Samens obliegt; sie ist der Geschlechtsapparat dieser Gewächse, weil zur Erzeugung des keimfähigen Samens, wie zur geschlechtlichen Zeugung der Thiere, eine Befruchtung nothwendig ist. Die Vermehrung der phanerogamen Pflanzen geschieht aber nicht durch Samenbildung allein, sie wird vielfach auch durch Knospen und Ableger erzielt. — Wesentlich sind in der Blüthe nur diejenigen Organe, welche zur Bildung des Samens nothwendig sind, nämlich 1. das Staubblatt oder das Staubgefäß, auch Staubfaden genannt, in welchem sich der befruchtende Blütenstaub ausbildet, und 2. die Samenknospe, in welcher sich, nach geschehener Befruchtung, der Keim entwickelt und die deshalb später zum Samen wird. Alle übrigen Theile, die zur phanerogamen Blüthe gerechnet werden, als Kelchblätter, Blumenblätter und Fruchtknoten, können nach der Pflanzenart sowohl einzeln als auch insgesamt fehlen.

Das Staubblatt, die Anthere, welche den Pollen bildet, ist der männliche Apparat, der Fruchtknoten dagegen, welcher die Samenknospen umschließt, ist der weibliche Geschlechtsapparat der phanerogamen Pflanze, er fehlt nur wenigen Gewächsen, welche nackte Samenknospen besitzen. Wenn Staubblätter und Samenknospen in einer Blüthe vereinigt sind, so nennt man dieselbe Zwitterblüthe (*flos hermaphroditus*); wenn dagegen die eine Blüthe Staubblätter, aber keine Samenknospen enthält, während die andere wohl Samenknospen, aber keine Staubblätter besitzt, so wird die erste als männliche (*flos masculinus*), die andere aber als weibliche Blüthe (*flos femininus*) bezeichnet. Beiderlei Blüten können neben einander auf demselben Pflanzenexemplar vorkommen (*Linné's* einundzwanzigste Klasse), sie können aber auch getrennt auf verschiedenen Exemplaren auftreten, so daß der eine Stamm nur männliche, der andere da-

gegen nur weibliche Blüthen trägt (LINNÉ's zweiundzwanzigste Klasse). Ausserdem bilden einige Pflanzen noch Zwitterblüthen und eingeschlechtliche Blüthen auf demselben Stamme (LINNÉ's dreiundzwanzigste Klasse).

Die Blüthe der Phanerogamen ist eine Stammknospe, deren Theile oftmals sowohl ihre Stellung als auch ihre Gestalt und Function geändert haben, und die nicht mehr dem vegetativen Leben der Pflanze, sondern der Erzeugung des Samens dient; bei ihrem allerersten Auftreten ist deshalb die Blüthenknospe von der Laubknospe kaum zu unterscheiden. — Die Theile des Kelches und der Blumenkrone, sowie die Staubblätter sind immer Blattorgane, das Pistill dagegen, oder der Fruchtknoten mit Staubweg und Narbe, als letzte Bildung der Blüthenachse, kann sowohl aus Blättern als auch aus dem Stamm selbst hervorgehen; häufiger noch, oder vielleicht immer (?), betheiligen sich beide an seiner Bildung. Aus dem Fruchtknoten bildet sich später die Frucht. Die Samenknospen entsprechen den Stammknospen, sie bilden nach erfolgter Befruchtung den Samen, welcher den Keim umschliesst.

Bei denjenigen Pflanzen, deren Blüthe keinen Fruchtknoten, d. h. keine ringsumgeschlossene Hülle zum Schutze der Samenknospen, besitzt, kann man auch von keiner Frucht mehr reden; hier hat man es in der Blüthe mit nackten Samenknospen und deshalb später mit nackten Samen zu thun (bei den Nadelhölzern, den Cycadeen und bei *Balanophora*).

Wenn mehrere oder viele Blüthen auf einem gemeinsamen Blüthenstiel sitzen, so spricht man von einem Blüthenstand (Inflorescentia), die Weise der Verzweigung bedingt hier die Art des Blüthenstandes genau so, wie die Art der Zweigbildung zunächst die Tracht der Pflanze bestimmt.

Wie es dreierlei Arten der Zweigknospen giebt, so kann man auch dreierlei Arten der Blüthenknospen unterscheiden: 1. Endknospen, welche aus der Spitze eines Zweiges hervorgehn und deshalb eine Endblüthe bilden; 2. Achselknospen, die in der Achsel eines Blattes entstehen und eine achselständige Blüthe erzeugen und 3. Nebenknospen, welche zwar nur in sehr seltenen Fällen im Innern der Rinde entstehen und aus dem Gewebe derselben hervorbrehen (bei *Hydnora africana*), als welche man aber die seitenständigen Blüthen ohne Stützblatt überhaupt betrachten kann (am weiblichen Blüthenstande der Eiche und der Buche)¹⁾.

¹⁾ Bei *Calothamnus* entstehen die Blüthenknospen ursprünglich als Achselknospen, werden aber später von der Rinde überwachsen und brechen deshalb zuletzt aus selbiger hervor (Lehrbuch der Anatomie II. p. 283).

Wie nun die Zweigknospe durch ihren Vegetationskegel fortwächst und unter demselben Blätter bildet, so entstehen auch unter dem Vegetationskegel der Blütenknospe nach einander junge Blätter, welche in den meisten Fällen als Kreise angeordnet sind. Die Zahl dieser nach einander erscheinenden Blattkreise, desgleichen die Zahl der Blattelemente eines jeden derselben ist nach den Pflanzen verschieden. Der unterste Blattkreis ist immer der älteste, der oberste dagegen immer der jüngste. Bei den Monocotyledonen ist in den Blattkreisen die Dreizahl vorherrschend, bei den Dicotyledonen wird sie dagegen verhältnißmäßig selten gefunden (bei den Laurineen), die Zahlen 2, 4 u. 5 sind hier in den Blattkreisen am häufigsten vertreten.

Jeder Blattkreis erscheint bei seinem ersten Entstehen, wenn man von Oben auf denselben blickt, als ein Kranz kleiner warzenförmiger

Erhebungen um den Vegetationskegel (Fig. 118).

Wenn sich nun die getrennt angelegten Theile auch fernerhin gesondert erheben, so erhalten wir Kreise getrennter Blattoorgane, z. B. getrennte, d. h. für sich bestehende, dem

Blüthenboden eingefügte Kelch- oder Blumenblätter (Calyx polypetalus, Corolla polypetala), wenn dagegen die an ihrer Spitze getrennten Erhebungen später als geschlossener Ring oder

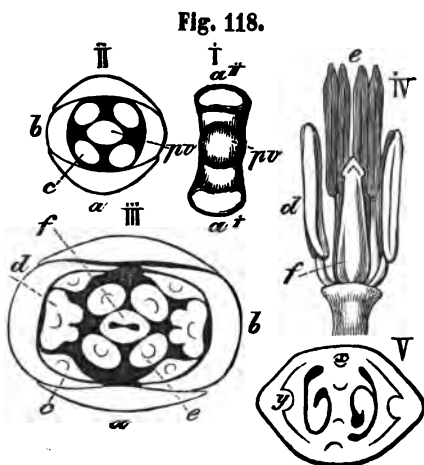


Fig. 118. *Matthiola madeirensis*. I Der erste Anfang der Blüthe. Um den centralen Vegetationskegel der Blütenachse sind 2 Blattoorgane a^I und a^{II} entstanden. II Ein weiteres Stadium. Nachdem abermals ein zweigliedriger Blattkreis (b) erschienen ist, hat sich ein viergliedriger Blattkreis (c) gebildet, aus dem die 4 Blumenblätter hervorgehen, während a und b die Kelchblätter bilden. III Ein weiterer Zustand der Blütenentwicklung. Auf dem viergliedrigen Blumenblattkreis ist der erste zweigliedrige Staubblattkreis d erschienen, dem ein viergliedriger Staubblattkreis e gefolgt ist, bis endlich ein zweigliedriger Fruchtblattkreis f den Entwicklungscyclus beschließt. In dieser Blüthe wechseln demnach zwei- und viergliedrige Blattkreise mit einander. IV Die inneren Theile der Blüthe von der Seite gesehen; zwei der Staubfäden e sind entfernt. Die Bezeichnung wie oben. V Querschnitt durch den Fruchtknoten zur Blüthezeit, x die Mitte des Fruchtblattes, aus welcher sich die Scheidewand gebildet hat, y der Theil des Fruchtblattes, welcher dem Rande desselben entsprechen würde (I und II 60mal, III 30mal, IV 6mal und V 40mal vergrößert).

als eine Röhre vom Grunde aus in die Höhe wachsen, so erhalten wir diejenigen Bildungen, welche man z. B. bei der Blumenkrone fälschlich verwachsene Blumenblätter nennt (Corolla mono- oder gamopetala). Eine Verwachsung erfolgt hier nicht, es unterbleibt nur eine Trennung. Bei dem gamopetalen Kelch oder der gamopetalen Blumenkrone bezeichnen die Lappen des Randes in der Regel die Zahl der mit einander verschmolzenen Blattelemente. Die so entstandene Kelch- oder Blütenröhre kann kürzer oder länger auftreten, desgleichen können zwei oder mehr auf einander folgende Blattkreise an ihrem Grunde mit einander verschmolzen (nicht getrennt) erscheinen (Fig. 119). Man spricht alsdann von einer mit dem Kelch verwachsenen Blumenkrone, oder von Staubblättern, welche mit der Blumenkrone verwachsen sind (bei den Personaten und Borragineen) (Fig. 120).

Fig. 119.

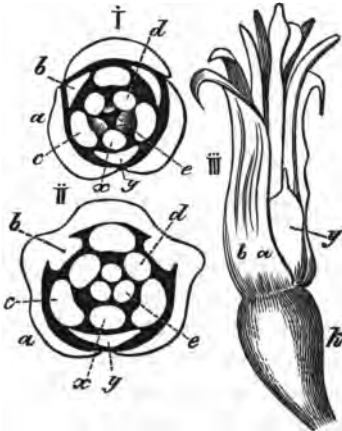


Fig. 120.

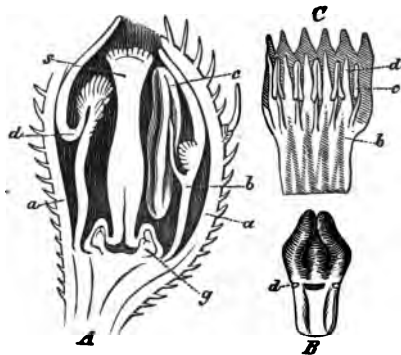
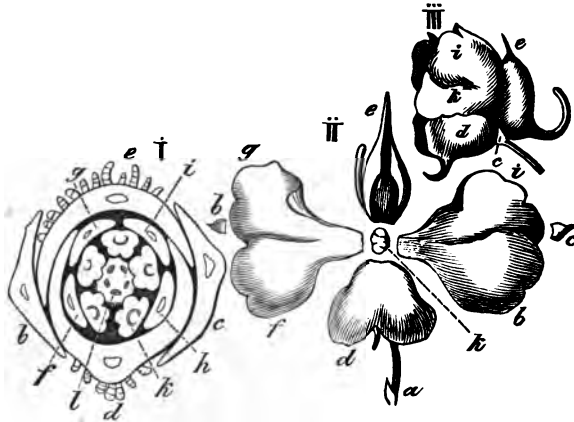


Fig. 119. *Musa sapientum*. I Die junge Blütenknospe im Querschnitt, *a* ein Blatt des äusseren dreigliedrigen Blattkreises, *b* ein Blatt des zweiten dreigliedrigen Kreises, *c* ein Blatt des ersten Staubblattkreises, *d* ein Blatt des zweiten Staubblattkreises, *e* eines der 3 Narbenblätter. Alle 5 Blattkreise sind dreigliedrig und alteriren mit einander. II Ein Querschnitt durch eine etwas weiter entwickelte Knospe; die 3 Blätter des ersten Kreises sind unter sich und mit 2 Blättern des zweiten Kreises vereinigt, nur das dritte Blatt *y* ist frei geblieben. Das ihm vorgestellte Staubblatt *x* verkümmert später, so dass die ausgebildete Blüthe in eine aus 5 nicht getrennten Blättern entstandene, nur an einer Seite offene Blütenhülle (*a* und *b*), und daneben ein kleines freies Blatt (*y*), welches von derselben umschlossen wird, ausserdem aber 5 Staubfäden, desgleichen einen aus 3 Blattoorganen entstandenen Staubweg besitzt, dessen knopfförmige Narbe noch 3 Blattrudimente zeigt. Der unterständige Fruchtknoten wird bei den späteren sogenannten männlichen Blüten nicht mehr ausgebildet, nur die Blüten der ersten Bracteen entwickeln deshalb Früchte (I u. II 50 mal vergrößert. III In natürlicher Grösse).

Fig. 120. A Längsschnitt durch die Mitte einer Blütenknospe von *Sym-*

Endlich können auch innerhalb eines Blattkreises zwei oder mehrere getrennt angelegte Blätter später ungetrennt fortwachsen, während andere desselben Kreises sich getrennt ausbilden (*Musa* Fig. 119, *Balsamina* Fig. 121). Wirkliche Verwachsungen sind dagegen in der Blüthe

Fig. 121.



verhältnißmäßig selten (die Narben der *Asclepiadeen*, die Fruchtknoten der *Anona*).

In der Regel bleiben in der Blüthe die Stengelglieder der auf einander folgenden Blattkreise verkürzt, die letzteren folgen deshalb dicht aufeinander; nicht selten aber erhebt sich der Theil, welcher zwei oder mehrere freie Blattkreise trägt, zu einer langen Röhre (bei *Oenothera* [Fig. 122], *Arachis*), oder es wird wie bei den Orchideen und bei *Stylidium* durch die Verlängerung des Staubweges auch der

phytum asperum, *a* Kelchblatt, *b* Blumenkrone, *c* Staubblatt, *d* die der Länge nach durchschnittene Tasche (Hohlschuppe) eines Blumenblattes, *e* die Narbe, *g* die Samenknope, daneben der Raum, in welchen die Pollenschläuche hinabsteigen, um zu den Samenknospen zu gelangen (16 mal vergrößert). *B* Eine Blumenkrone von der Seite gesehen, *d* die Taschen. *C* Eine Blumenkrone der Länge nach aufgeschlitzt und auseinander gebreitet, *b* der röhrenförmige Theil derselben, *c* die Staubblätter, *d* die Taschen (5 mal vergrößert).

Fig. 121. *Balsamina hortensis*. I Querschnitt durch die junge Blütenknospe. (40 mal vergrößert). II Die offene Blüthe in ihre Theile zerlegt. III Die offene Blüthe von der Seite gesehen, *a* die Bractee, *b*, *c*, *d* u. *e* gehören dem ersten viergliedrigen Blattkreis der Blüthe, *b* u. *c* bleiben klein und grün, *d* bildet das untere gefärbte Blatt mit der dornartigen Verlängerung, *e* dagegen das obere gefärbte Blatt mit dem Sporn, *f*, *g*, *h* und *i* sind die vier Blätter des zweiten Kreises, deren fünftes fehlt, *f* u. *g* sowie *h* u. *i* bleiben im unteren Theile verbunden, *k* stellt eine der 5 Antheren dar und *l* eine Höhlung des sich bildenden stäufächerigen Fruchtknotens. (Bei II lies statt *b* rechts *h* und bei III statt *k* — *h*).

Staubblattkreis mit in die Höhe gehoben, so daß die Staubblätter später gewissermaßen auf der Narbe sitzen.

Der Vegetationskegel der Blütenknospe ist, nachdem bereits alle Blüthentheile angelegt sind, in denjenigen Fällen, wo er nicht selbst mit zur Bildung der vom Fruchtknoten umschlossenen Theile, z. B. als mittelständiger Samenträger (Primulaceae, Myrsineae) verwendet wird, noch mehr oder weniger erkennbar. In der männlichen Blüthe von *Viscum* erscheint er als flacher Kegel und in der männlichen Blüthe von *Pandanus* erhebt er sich als centrale Säule; im Innern des Fruchtknotens von *Carica cauliflora* tritt er gleichfalls als freie centrale Säule hervor (Fig. 123), die sich auch später in der reifen Frucht wiederfindet.

Fig. 122.

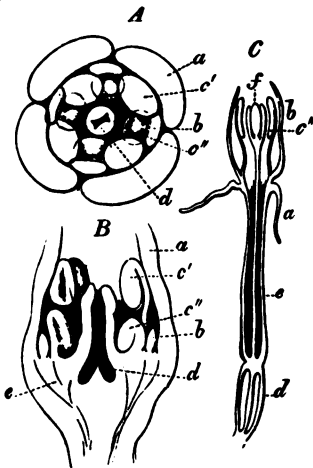


Fig. 123.

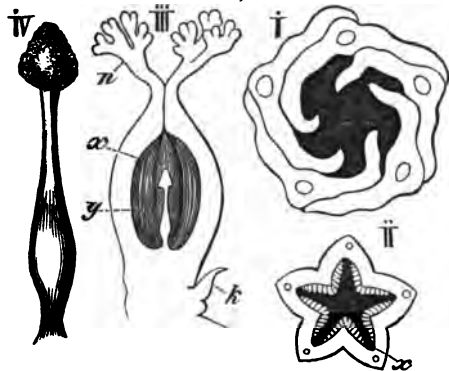


Fig. 122. A Querschnitt einer sehr jungen Blütenanlage der *Oenothera muricata*, a Kelchblätter, b Blumenblätter, c' und c'' Antheren des ersten und des zweiten Staubfadenkreises, d Anlage des Fruchtknotens. B Längsschnitt desselben Entwicklungszustandes, d die Fruchtknotenhöhle, e der Theil, welcher später die Kelchröhre bildet (Vergrößerung 40 mal). C Längsschnitt einer Blume zur Blüthezeit (natürl. Gröfse), f die Narben, die übrigen Buchstaben wie oben.

Fig. 123. *Carica cauliflora*. I Querschnitt durch die Blumenkrone kurz vor dem Aufblühen der Knospe (Aestivatio contorta). II Querschnitt durch den Fruchtknoten; bei a, welche Region der Mitte des Fruchtblattes entspricht, fehlen die Samenknospen. III Längsschnitt durch den Fruchtknoten, y das freie Mittelsäulchen, n die Narbe, k ein Kelchblatt. IV Das Mittelsäulchen bei 4 maliger Vergrößerung (1 10 mal vergrößert).

Die äußeren Blattkreise der Blüthe.

§. 70. Den ersten Blattkreis der Blüthe pflegt man, wenn er grün gefärbt ist, Kelch (Calyx) zu nennen, wenn er dagegen farbig auftritt und ein zweiter Blattkreis entweder fehlt oder sich von ihm nicht wesentlich unterscheidet, so wird er Blüthendecke (Perigonium, Perianthium) genannt (bei den Orchideen). Diese Unterscheidungen sind aber keineswegs scharf, auch können Theile desselben Kreises grün gefärbt, kelchartig, erscheinen, während andere blumenblattartig auftreten (Balsamina Fig. 121. p. 150).

Der grün gefärbte Kelch bildet als erster Blattkreis der Blüthe gewissermaßen den Uebergang von den grünen Blättern eines Laubzweiges zu den Blattorganen der Blüthe, welche in den Blumenblättern schon viel weiter und in den Staubblättern noch mehr vom Laubblatt abweichen. Er ist auch in der Regel dem letzteren ähnlich gebaut und mit verschiedenen Haarbildungen versehen. Man unterscheidet zwischen einem getrenntblättrigen und einem ungetrenntblättrigen (Calyx polysepalus und C. gamosepalus), auch kann ein doppelter grün gefärbter Kelch vorkommen (bei den Malvaceen). Wie wenig aber der grüne und der gefärbte Kelch verschieden sind, beweisen *Oenothera* und *Fuchsia* zur Genüge.

Die Blumenkrone (Corolla), von viel zarterem Bau, bildet den auf den grün gefärbten Kelch folgenden Blattkreis, sie kann wie dieser getrenntblättrig und ungetrenntblättrig sein (Corolla polypetala und C. gamopetala), kann ferner einfach oder doppelt u. s. w. auftreten, und gleich dem Kelch in der Ausbildung ihrer Theile mancherlei Verschiedenheiten darbieten. Die bis zu ihrer Basis getrennten Blumenblätter können danach gestielt oder sitzend sein, desgleichen kann das eine Blatt ganz anders als das andere ausgebildet werden (Fig. 124). Für die Blüthenhülle aber gilt ganz dasselbe. In den Blumenblättern sind oftmals ätherische Oele und Aetherarten, welche gleich den Farbstoffen sich erst zur Blüthezeit entwickeln, vorhanden. Letztere entstehen häufig erst unter der Einwirkung des Lichtes; die Blüthenknospe des *Hibiscus mutabilis* entfaltet sich am Morgen mit schneeweißen Blumenblättern, um sich am Abend als dunkelrosenrothe Blüthe zu schließen.

Das Staubblatt.

§. 71. Die Staubblätter (Stamina) folgen auf die Blumenblätter, wenn überhaupt solche vorhanden sind. Sie unterscheiden sich von allen übrigen Blättern der Blüthe durch die Bildung von

Mutterzellen für die Pollenkörner im Blattparenchym. Nun treten in der Regel zu jeder Seite des Mittelnervs des zum Staubblatt werdenden Blattes 2 Gruppen von Mutterzellen auf, welche als Längsreihen im Blattparenchym verlaufen; solche Staubblätter sind alsdann 4fächerig (bei der Mehrzahl der Pflanzen, Fig. 124 und 125); seltener entsteht zu jeder Seite des Mittelnervs nur eine Gruppe von Mutterzellen als Längsreihe (bei den Abietineen und Asclepiadeen), wodurch das Staubblatt 2fächerig wird (Fig. 126). In noch anderen Fällen bildet

Fig. 124.

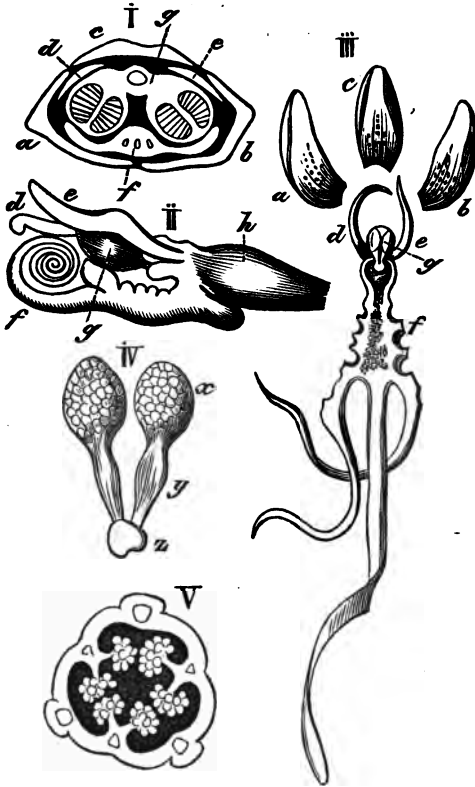


Fig. 125.



Fig. 126.

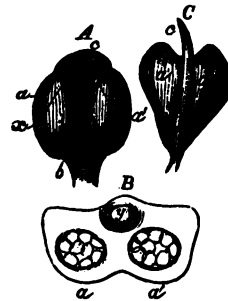
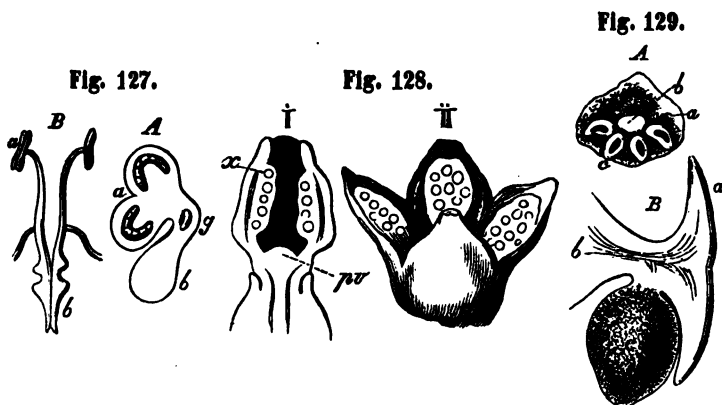


Fig. 124. *Himantoglossum hircinum*. I Querschnitt durch die Blütenknospe. II Die Blütenknospe von der Seite gesehen, nach Entfernung der 3 Blätter des ersten Kreises. III Sämmtliche Blätter der Blüthe von oben gesehen; a, b und c die Blätter des ersten Kreises, d, e und f die Blätter des zweiten Kreises, f ist als Lippe ausgebildet, welche in der Knospenlage, einer Uhrfeder gleich, aufgerollt erscheint und der auch der Sporn angehört. Von dem dritten Blattkreise ist nur ein Blatt als sitzende 4fächerige Anthere (g) ausgebildet. IV Die Pollenmassen (x) der Anthere sammt ihrem Stiel (y) und der sogenannten Drüse,

nur die eine Seite des Staubblattes Pollenmutterzellen, während die andere sich entweder blumenblattartig oder sonstwie ausbildet (bei *Salvia* [Fig. 127], *Canna*, *Phrynum*); endlich aber können auch unregelmäßige Gruppen von Pollenmutterzellen im Parenchym des Staubblattes entstehen (*Viscum* [Fig. 128], *Rafflesia*). Bei den Cupressineen und Taxineen bilden sich an der Unterseite eines schuppenförmigen Staubblattes mehrere Erhebungen, in deren Innern Pollen ausgebildet werden (Pollensäcke) (Fig. 129), ebenso bei *Araucaria* und *Cycas*.



dem Retinaculum (z). v Querschnitt durch den Fruchtknoten, dessen wandständige Samenträger gespalten sind (uu In natürlicher Grösse).

Fig. 125. A Ein Staubfaden von *Amygdalus communis*, kurz vor dem Aufspringen, a und a' die beiden Fächer einer Seite, a'' ein Fach der anderen Seite, b der Staubfadenträger, x die Längsfurche, welche sich beim Aufspringen öffnet. B Ein Querschnitt dieses Staubfadens, y das Gefäßbündel (10 mal vergr.).

Fig. 126. Staubfäden der Lerche (*Larix europaea*). A Im halbreifen Zustande, a und a' die beiden Fächer, b das Filament, x die Linie, nach welcher späterhin der Staubfaden aufspringt. B Querschnitt eines solchen Staubfadens, y das Gefäßbündel. C Ein bereits aufgesprungener Staubfaden von der Hinterseite, c die Spitze desselben, der Spitze einer Lerchennadel entsprechend. Die übrigen Bezeichnungen bei B und C gleichbedeutend mit A (Vergrößerung bei A 30 mal, bei B 50 mal, bei C 6 mal).

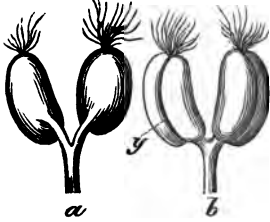
Fig. 127. B Die beiden Antheren der *Salvia nivea*, a die ausgebildete, zweifächerige Seite des Staubfadens, b die andere Seite desselben, welcher der Staubbeutel fehlt. A Ein ganz junger Staubfaden im Querdurchschnitt. Die übrigen Bezeichnungen wie oben. g Das Gefäßbündel des Staubfadenträgers (A 50 mal, B 8 mal vergrößert).

Fig. 128. *Viscum album*. i Die junge männliche Blütenknospe im Längsschnitt, pv der Vegetationskegel der Blütenachse, x die Pollengruppen in dem Parenchym des Staubblattes. ii Die offene männliche Blüthe von der Seite gesehen, aus 4 an ihrer Basis ungetrennten Staubblättern bestehend (i 20 mal, ii 10 mal vergrößert).

Fig. 129. A Der schildförmige Staubfaden der Cypresse (*Cupressus sempervirens*) von unten gesehen, a die Blattfläche, b das Filament, c die Pollensäcke an der Blattfläche. B Längsschnitt durch eine junge Anthere; die Bezeichnung wie oben (A 8 mal, B 25 mal vergrößert).

Der Theil, in dem sich der Pollen entwickelt, wird Staubbeutel (Anthere) genannt, wenn nun derselbe von einem stielartigen Theil, welcher dem Blattstiel eines gestielten Blattes entspricht, getragen wird, so wird der letztere als Staubbeutelträger (Filamentum) bezeichnet, fehlt derselbe, so spricht man von einer sitzenden Anthere. Die Fortsetzung

Fig. 130.



des Filamentes in den Staubbeutel wird als Mittelband (Connectivum) bezeichnet, in welchem das meistens einfache Gefäßbündel des Staubblattes liegt. In seltenen Fällen ist das Filament gespalten, wo jede Hälfte alsdann eine halbe Anthere trägt (Carpinus [Fig. 130], Corylus, Betula und Alnus).

Während sich nun im Innern des Staubblattes die Pollenkörner ausbilden und sowohl ihre Mutterzellen als auch ein dieselben umgebendes Parenchym verzehren, bleibt die Wand der Staubbeutelfächer jeder Seite erhalten und finden sich in derselben meistens schön entwickelte spiralförmige Verdickungen, welche später durch ungleiche Zusammenziehung das Aufreißen der reifen Anthere veranlassen. Bei diesem Vorgang wird nun, wenn an jeder Seite des Mittelbandes zwei Pollengruppen liegen, das dieselben trennende Parenchym nahe dem Orte, wo bald darauf das Aufspringen der Anthere erfolgt, resorbiert, so daß der vormals vierfächerige Staubbeutel zur Zeit seines Aufspringens zweifächerig erscheint, worauf die im Grunde nicht richtige, aber allgemein verbreitete, Bezeichnung der zweifächerigen Antheren in der beschreibenden Botanik beruht. Die wirklich zweifächerige Anthere von *Salvia* und *Canna* wird auf dieselbe Weise einfächerig, die zweifächerigen Antheren der *Abietineen* dagegen bleiben zweifächerig. *Arceuthobium* hat eine einfächerige Anthere.

Das Aufspringen der Staubbeutel kann nun mit einem Loch, d. h. mit einer nur sehr kurzen Spalte (*Solanum tuberosum*) oder mit einer längeren Spalte (bei der Mehrzahl der Pflanzen), oder durch Klappen (*Berberis* und *Laurus* (Fig. 131) u. s. w. erfolgen. Auch achtet man darauf, ob die Antheren sich nach Innen oder Außen öffnen (*Laurus*). Die Staubblätter eines Kreises können ferner von einander getrennt, oder am Grunde ungetrennt auf einer Röhre stehen (*Ruscus* und *Alternanthera*) (Fig. 132), sie können aber auch unter sich und mit dem Achsentheil der Blüthe verbunden ein Ganzes bilden (*Colocasia*)

Fig. 130. Staubfäden von *Carpinus Betulus*. *a* In der Rückenansicht, *b* in der Vorderansicht, *y* die Längsfurche des Staubbeutels, welche sich später als Längsspalte öffnet (10mal vergrößert).

(Fig. 133). Endlich giebt es noch zusammengesetzte, z. B. gefiederte Staubblätter, wo ein gemeinsamer Blattstiel zu beiden Seiten eine Reihe normal entwickelter Antheren trägt (Calothamnus). Bei

Fig. 131.

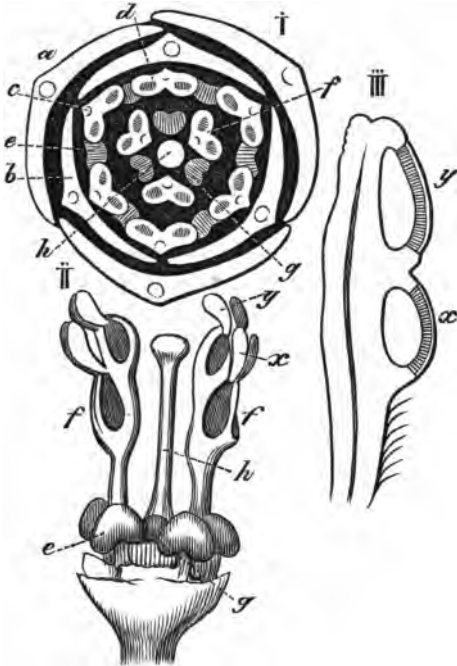


Fig. 132.



Fig. 133.

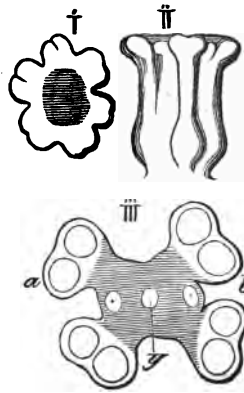


Fig. 131. *Persea indica*. I Querschnitt durch die junge Blütenknospe. *a* und *b* Blätter der beiden ersten dreigliedrigen alternirenden Blattkreise, *c* u. *d* Antheren, welche entweder zwei dreigliedrigen Blattkreisen oder, was mir wahrscheinlich ist, einem sechsgliedrigen Blattkreise angehören, weil zwischen ihnen ein sechsgliedriger Kreis nicht zur Ausbildung gekommener Staubblätter (*e*) erscheint, *f* eine Anthere des inneren dreigliedrigen Kreises, zwischen welcher drei unausgebildete Staubblätter (*g*) auftreten, *h* der Staubweg. Die Antheren *c* und *d* springen nach Innen, die Anthere *f* dagegen nach Außen auf, die Lage der unausgebildeten Staubblätter (Nebenstaubfäden) entspricht den letzteren. II Zwei Staubfäden des inneren Kreises mit den Nebenstaubfäden des äußeren, *x* eine der unteren, *y* eine der oberen Klappen der Anthere. III Ein Längsschnitt durch das Staubblatt (I und II 15 mal, III 40 mal vergrößert).

Fig. 132. Die 5 Antheren der *Alternanthera diffusa*, deren Träger nur im oberen Theil getrennt sind, ausgebreitet. Die Staubbeutel sind zweifächerig. (25 mal vergrößert).

Fig. 133. *Colocasia antiquorum*. I Die männliche aus 3 ungetrennten Staubblättern bestehende Blüthe von oben gesehen. II Dieselbe von der Seite. III Eine aus 2 Staubblättern gebildete männliche Blüthe im Querschnitt, *a* die eine, *b* die andere Anthere, *y* das centrale Gefäßbündel der Blütenachse (I und II 10 mal, III 40 mal vergrößert).

den Syngenesisten sind bei getrennten Filamenten die Staubbeutel selbst mit einander verklebt.

Die Nebenorgane der Blüthe.

§. 72. Als solche betrachtet man:

1. Die Nebenkrone (Paracorolla), eine blattartige Bildung zwischen der Blumenkrone und den Staubblättern, welche in vielen Fällen keinem besonderen Blattkreise angehört, sondern nur durch Anhängsel und Auswüchse des einen oder anderen Blattkreises gebildet wird, z. B. die Hohlscuppen der Borragineenblüthe (Fig. 120. p. 149).

2. Die Federkrone (Pappus) der Syngenesisten, welche als Haarkranz unter der Blumenkrone steht, aber viel später als letztere erscheint und deshalb kein selbstständiger Blattkreis sein kann.

3. Die Nebestaubfäden (Parastamina) oder Bildungen, welche zwischen den Staubblättern und dem Fruchtknoten stehen und häufig abortirten Staubblättern entsprechen, bei *Laurus* (Fig. 131 *e* und *g*).

4. Die Honigbehälter (Nectaria) oder jeder Theil in der Blüthe, welcher zuckerhaltige Säfte ausscheidet und deshalb als bestimmte Organe gar nicht festzuhalten.

5. Die Blüthenscheibe (Discus), eine Ausbreitung des Stammtheils der Blüthe, welche sowohl unterhalb der sämtlichen Blattkreise, als auch zwischen einem bestimmten Kreise auftreten kann, und so als unterständiger Discus die Cupula der Eiche und der Buche bildet, welche als hohles Stammorgan unterhalb ihres Randes aus sich Blätter erzeugt und statt eines Vegetationskegels einen Vegetationsbecher darstellt; als fleischige Scheibe aber zwischen den Blumenblättern und Staubblättern (beim Ahorn) und zwischen den Staubblättern und dem Fruchtknoten (bei der Weinrebe) erscheint. Endlich betrachten Einige (Schleiden) auch die Blüthenröhre der Onagrarien (Fig. 122. p. 151) als röhrenförmigen Discus.

Andere Anhängsel der Blüthe, z. B. die Sporen (Calcar), die Hohlscuppen (Fornices), sind gleich den Honigbehältern und dem Pappus keine selbstständigen Organe der Blüthe, sondern nur Theile bestimmter Blüthenelemente (Fig. 124. p. 153).

Der Fruchtknoten.

§. 73. Die letzte Bildung in der Blüthe ist der Fruchtknoten (Pistillum) mit den zu ihm gehörigen Theilen. Man unterscheidet hier den unteren hohlen Theil, in welchem sich die Samenknospen bilden, die Fruchtknotenhöhle (Germen), den mittleren kürzeren oder längeren, eine Röhre darstellenden Theil, den Staubweg (Stylus),

und den oberen freien Theil, die Narbe (Stigma). Der erste Theil fehlt, wenn überhaupt ein Pistill da ist, niemals, die beiden anderen können dagegen sowohl einzeln als auch beide nur sehr unvollkommen ausgebildet auftreten. Man unterscheidet einen oberständigen Fruchtknoten, welcher in der ausgebildeten Blüthe höher als die ihm vorangehenden Blattkreise steht und von denselben umgeben wird (Fig. 118. p. 149) und einen unterständigen Fruchtknoten, dessen Germen bei der ausgebildeten Blume alle vorhergehenden Theile der Blüthe trägt (Fig. 119. p. 149 und Fig. 122. p. 151).

Der oberständige Fruchtknoten kann auf dreierlei Weise gebildet werden, nämlich: 1. aus einem Fruchtblatte (Carpellum), das mit seinen Rändern zusammenwächst und die Samenknospen an diesen Rändern trägt. In diesem Falle kann in der Blüthe nur ein einziges Fruchtblatt vorkommen, welches alsdann nur ein Pistill bildet, (bei dem Steinobst [Fig. 134] und den Proteaceen), es können aber auch mehrere oder viele Fruchtknoten dieser Art neben einander auftreten (bei den Rosaceen und Alismaceen, ferner bei Ranunculus und Anona). Die Fruchtblätter nehmen in diesem Falle meistens eine Spiralstellung in der Blüthe ein (Myosurus und Ceratocephalus), auch ist der einzelne Fruchtknoten immer einfächerig. Er kann aber auch 2. aus mehreren Fruchtblättern, welche getrennt auftreten und später an ihren einwärts geschlagenen Rändern verwachsen-oder, was häufiger der Fall ist, nur an der Spitze getrennt erscheinen, deren Grundtheil aber als ein Ganzes hervorgeschoben wird, gebildet werden. Der Fruchtknoten enthält in diesem Falle so viele einzelne Fruchtfächer als Blätter zu seiner Bildung thätig waren und jedes Fruchtfach hat seine eigene Narbe und seinen eigenen Staubweg, welche aus dem oberen Theil des Fruchtblattes entstanden sind, dessen Grundtheil die Fruchtknotenhöhle bildet. Die Fruchtblätter erscheinen hier als Blattkreis angeordnet (bei den Helleboreen, Paeonieen, Butomeen, Papaveraceen und Nymphaeaceen). 3. Kann derselbe aus einem schon ursprünglich ungetrennten, sich als Kreiswulst erhebenden Gebilde, dessen freier Saum kleine warzenförmige Höcker, wahrscheinlich Blattandeutungen, trägt, entstehen, so daß man willkürlich das sich mehr und mehr erhebende Organ als einen hohl gewordenen Stengel oder als ein aus nicht getrennten Blättern entstandenes Gebilde betrachten kann. Der Staubweg eines solchen Fruchtknotens stellt immer eine einfache Röhre dar, die Fruchtknotenhöhle aber kann sowohl einfächerig als auch mehrfächerig werden. Mehrfächerig wird sie durch Vorsprünge an der inneren Wand des Fruchtknotens, welche im Centrum der Fruchtknotenhöhle auf einander

treffen und sich dort in einer bestimmten Höhe mit der Stammspitze der Blütenknospe, welche als Mittelsäulchen im Innern des Fruchtknotens emporsteigt, vereinigen. Auf diese Weise bildet sich die Mehrzahl der oberständigen Fruchtknoten, und zwar einfächerig bei den Violarien, Amaranthaceen, Papayaceen (Fig. 123. p. 151), Resedaceen und Capparideen, mehrfächerig bei den Monotropeen, Pyrolaceen, den Labiaten (Fig. 135), Borragineen, Tiliaceen, Malvaceen, Bombaceen, Scrophularineen, Sileneen u. s. w.

Der unterständige Fruchtknoten dagegen darf wohl in allen Fällen als ein hohl gewordener Stengel betrachtet werden. Derselbe zeigt sich zuerst wie bei 3 als kleiner runder Wall, welcher sich aber nicht wie dort zur Fruchtknotenhöhle erhebt, sondern als aufsteigende Röhre nur den Staubweg und die Narbe bildet, während sich unter den vor ihm angelegten Blattkreisen der Stengel selbst als hohle Röhre ausbildet. Die Fruchtknotenhöhle, welche ursprünglich nicht unter-

Fig. 134.

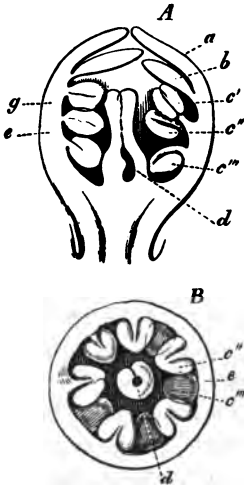


Fig. 135.

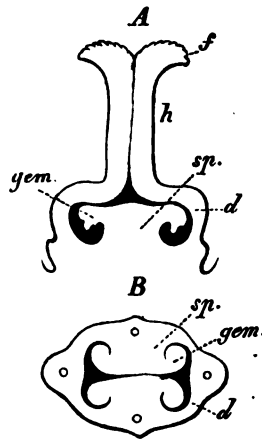
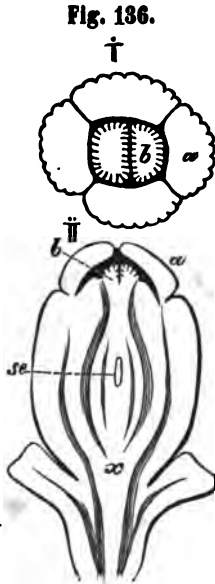


Fig. 134. *A* Längsschnitt einer ganz jungen Kirschblüte (*Prunus Cerasus*), *a* Kelchblatt, *b* Blumenblatt, *c'*, *c''* und *c'''* Antheren, drei verschiedenen Kreisen angehörig, *d* der Fruchtknoten, aus einem Fruchtblatt entstanden, *e* der Blütenboden, *d. h.* der Grund der Blüte, welcher Staubfäden, Blumenblätter und Kelchblätter trägt. *B* Querschnitt einer Blütenknospe desselben Entwicklungszustandes in der Höhe von *g* bei *A* ausgeführt. Die Bezeichnung wie bei *A*. (40mal vergrößert).

Fig. 135. *A* Längsschnitt durch eine sehr junge Blütenknospe der *Salvia nivea*, *d* die Wand der Fruchtknotenhöhle, *f* die Narbe, *gem.* die Samenknospe, *h* der Staubweg, *sp.* der Samenträger. *B* Querschnitt des Fruchtknotens, die Bezeichnung wie oben (40mal vergrößert).

ständig war, wird dadurch unterständig (Onagrariceae [Fig. 122. p. 151], *Opuntia*, *Stylidium*, *Orchideae* u. s. w.). Der unterständige Fruchtknoten von *Opuntia* ist ein echter hohl gewordener Zweig und trägt

als solcher seine Blätter, welche bei *Pereskia* zur vollen Ausbildung kommen und erst an der reifenden Frucht vertrocknen. Der unterständige Fruchtknoten von *Viscum* ist sogar nur ein Stengelglied ohne Fruchtknotenhöhle, in dessen Mark ein oder zwei Embryosäcke (§. 79) entstanden sind (Fig. 136).



Der Staubwegcanal des unterständigen Fruchtknotens ist gleich dem unter 3 beschriebenen Pistill immer einfach, allein er hat wie dieses, wenn wandständige Samenträger¹⁾ vorkommen, denselben entsprechend, leitenförmige Vorsprünge (das leitende Zellgewebe), welche in die wandständigen Samenträger übergehen, diese aber correspondiren auch bei ihm und überhaupt in allen mir bekannten Fällen mit der Zahl der vorhandenen Narben, die man wohl überall als Blattorgane, nämlich als die freien Theile der Fruchtblätter, ansehen kann, und stehen immer so, als ob sie die einwärts geschlagenen Ränder dieser Fruchtblätter wären, tragen auch ihre Samenknochen dem entsprechend, entweder in zwei Reihen (*Opuntia*) oder sind selbst gar nicht selten in zwei freie Platten gespalten (*Orchideae* Fig. 124. p. 153). Ich glaube deshalb, auch den unterständigen Fruchtknoten nicht als ein reines Stammorgan betrachten zu dürfen; den oberständigen Fruchtknoten halte ich dagegen in allen Fällen für ein reines Blattorgan, die wandständigen Samenträger aber sind für mich immer Blattgebilde, den einwärts geschlagenen, mit einander verbundenen, Rändern zweier Fruchtblätter entsprechend, dagegen ist der echte mittelständige Samenträger, welcher aus dem Mittelsäulchen selbst hervorgeht, immer als Stammorgan zu deuten

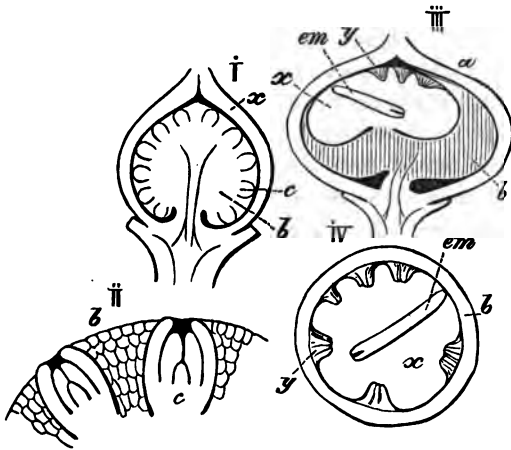
Fig. 136. *Viscum album*. I Die weibliche Blüthe im Querschnitt, *a* eines der 4 Perigonblätter, *b* eines der beiden nur der Anlage nach vorhandenen Narbenblätter. II Der Längsschnitt durch die Blüthe aus derselben Zeit, *a* und *b* wie bei I, *se* der Embryosack, in der Mitte des Markes des zum unterständigen Fruchtknoten gewordenen Stengelgliedes *x* (10mal vergrößert).

¹⁾ Samenträger (Spermophorum auch Placenta) nennt man denjenigen Theil, welcher die Samenknochen trägt.

(bei den Santalaceen, Primulaceen und Myrsineen [Fig. 137], deren Fruchtknoten einfächerig ist, wo demnach das Mittelsäulchen, wie bei *Carica* [Fig. 123. p. 151], frei in der Mitte der Fruchtknotenhöhle emporsteigt).

Die Scheidewände des unter 3 beschriebenen oberständigen und des unterständigen mehrfächerigen Fruchtknotens sind zwar nicht direct, wie bei 2, aus den einwärts geschlagenen, ursprünglich getrennten, Rändern der Fruchtblätter entstanden, wohl aber sind auch sie als die nicht getrennten, im Centro der Fruchtknotenhöhle mit dem Mittelsäulchen verschmolzenen, Ränder derselben, welche in der Regel selbst die Samenknospen tragen, zu betrachten. Die Samenträger, welche die Scheidewände bilden, sind demnach in diesen

Fig. 137.



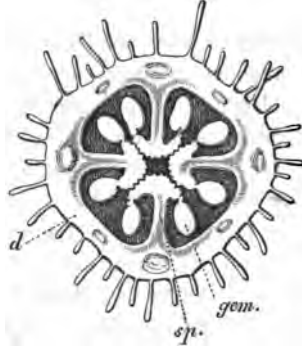
Fällen wandständig zu nennen, auch steigt das Mittelsäulchen vielfach nur bis zur halben Höhe der Fruchtknotenhöhle hinauf; so daß dieselbe zwar in der unteren Hälfte mehrfächerig ist, in der oberen Hälfte aber einfächerig mit wandständigen, bis in's Innere vordringenden, Samenträgern erscheint (bei

den Onagrarien [Fig. 138], Ericaceen u. s. w.). Die wandständigen Samenträger des einfächerigen Fruchtknotens aber können bald flach (*Viola*), bald tief in's Innere vordringend (*Cucumis*) erscheinen. Bei *Butomus* endlich, wo die ganze innere Wand des Fruchtblattes Samenknospen trägt, und bei *Carica*, wo nur die Mittellinie desselben frei

Fig. 137. *Ardisia excelsa*. I Längsschnitt durch den oberständigen Fruchtknoten zur Blüthezeit, a die Wand der Fruchtknotenhöhle, b der centrale freie Samenträger, dessen geradläufige Samenknospen (c) einzeln in das Gewebe eingesenkt sind, was II im vergrößerten Maßstabe zeigt. III Längsschnitt durch die reife Frucht, x die einzige zum Samen ausgebildete Samenknospe mit ihrem walzenförmigen Keim (em), b der Ueberrest des Samenträgers. y die vertrockneten Ueberreste der nicht zur Samenbildung gelangten Samenknospen. IV Der Querschnitt durch eine andere Frucht (1 30 mal, II 150 mal, III und IV 6 mal vergrößert.) (Bei IV ist statt b — a zu lesen).

Schaech, Grundriss.

bleibt (Fig. 123. p. 151), ist ein Samenträger als besonderer Theil des Fruchtknotens nicht mehr zu unterscheiden. Der wirklich mittelständige Samenträger ist verhältnißmäßig selten und für den mehrfächerigen Fruchtknoten mit wenigen Ausnahmen (Tropaeoleae, Balsamineae¹⁾) überhaupt zweifelhaft.



Der Staubweg (Stylus) kann, wie angegeben, auf verschiedene Weise entstehen, ist aber wohl in allen Fällen ein Blattgebilde; derselbe ist nur in dem unter 2 besprochenen Falle mehrfächerig, in den drei anderen Fällen aber eine einfache Röhre mit so vielen nach Innen vorspringenden Leisten, als Fruchtblätter zu seiner Bildung zusammen-

getreten. Er dient als Verbindungsröhre von der Narbe zur Fruchtknotenhöhle und vermittelt durch das Epithelium seines Staubwegcanals die Ernährung und das Herabwachsen der Pollenschläuche; die vorspringenden Leisten aber führen dieselben als leitendes Gewebe (thela conductrix) zu den mit ihnen verbundenen Samenträgern und damit an den Mund der Samenknospen. Wenn der Staubweg nur sehr kurz ist, so erscheint die Narbe sitzend. Diese aber ist, als der freie Theil der Fruchtblätter, bisweilen mehr, bisweilen weniger entwickelt und danach in mehrere Theile, Narbenlappen, getheilt, welche wieder, wie das Blatt überhaupt, mancherlei Formen annehmen können, oder wenn die Ausbildung der Narbenblätter unterbleibt, knopfförmig u. s. w., entwickelt, in allen mir bekannten Fällen aber mit einer papillösen Oberhaut versehen, welche reichlich secernirt und dadurch zur Blüthezeit die Bildung der Pollenschläuche, des auf die Narbe gelangten Blütenstaubes veranlaßt oder befördert.

Das Pistill, für eine längere Dauer als das Blumenblatt bestimmt, ist auch derber als das letztere gebaut und von zahlreichen Gefäßbündeln durchzogen, welche alle Theile desselben durchsetzen und von den Samenträgern in die Samenknospen übergehen. Nach Aufsen hin mit einer festen, oftmals Spaltöffnungen und Haare be-

Fig. 138. Querschnitt aus der oberen Hälfte des Fruchtknotens von *Oenothera muricata*, *d* die Wand desselben, *sp* einer der vier wandständigen Samenträger, *gem* eine Samenknospe (10mal vergrößert)

¹⁾ Die vollständige Entwicklungsgeschichte des Fruchtknotens dieser Pflanze steht mir leider nicht zu Gebote; ich vermute hier eine Abweichung von den besprochenen Entwicklungsweisen.

sitzenden, Epidermis bekleidet, sind alle inneren Theile desselben mit einem Epithelium versehen. Der befruchtete Fruchtknoten wird später zur Frucht und seine befruchteten Samenknospen werden zu Samen. Narbe und Staubweg vertrocknen dagegen in der Regel nach der Befruchtung als nunmehr überflüssige Theile und verschwinden früher oder später und auf verschiedene Weise.

Die Nadelhölzer, die Cycadeen und Balanophora (Fig. 97. p. 125) haben kein Pistill, sie sind mit nackten Samenknospen versehen, welche bei den Nadelhölzern in verschiedener Weise auftreten (§. 79).

Die Zahlen- und Stellungenverhältnisse der Blüthentheile zu einander.

§. 74. Wie die Stellung der Blätter am Zweige zunächst eine Folge ihrer gesetzmässigen Anlage unter dem Vegetationskegel ist, so ist auch die Stellung der Blüthentheile zu einander auf die Entwicklungsgeschichte zurückzuführen.

Nun unterscheidet man regelmässige Blüten, wenn 1. die Zahl der Glieder aller Blattkreise einander gleich ist und 2. alle Glieder desselben Blattkreises eine gleiche Grösse und Ausbildung erlangen, und unregelmässige, welche der einen oder anderen dieser Anforderungen nicht genügen. Allein der Fruchtknoten darf hier nicht mit in Rechnung gebracht werden, weil derselbe auch bei übrigens regelmässigen Blüten häufig abweichende Zahlenverhältnisse zeigt.

Regelmässige Blüten finden sich vorzugsweise in der 3ten, 4ten und 5ten Klasse des LINNÉ'schen Systems, wogegen in der 20sten Klasse, welche die Orchideen umfaßt, wohl nur unregelmässige Blüten vorkommen. Häufig wechseln die Elemente eines Blattkreises bei gleicher Zahl mit denen des vorhergehenden (Fig. 119. p. 149 und Fig. 122. p. 151), nicht selten aber sind sie ihnen vorgestellt (bei *Manglesia*, *Hakea*, *Epimedium*), ohne dafs ein dazwischen liegender Blattkreis, wie man früher angenommen, abortirt ist.

Die Zahl der Glieder eines Blattkreises kann nun schon ursprünglich von denjenigen eines anderen in derselben Blüthe verschieden sein, wie bei den Cruciferen, wo die beiden ersten Kreise zweigliederig sind, der dritte und fünfte viergliederig, der vierte und sechste dagegen wieder zweigliederig erscheinen (Fig. 118. p. 148), oder bei den Laurineen, wo die beiden ersten Kreise dreigliederig, der dritte und vierte dagegen sechsgliederig, der fünfte und sechste endlich wieder dreigliederig sind (Fig. 131. p. 156); sie kann aber auch, und zwar viel häufiger, durch Verkümmern eines oder mehrerer, der Anlage nach vorhandener, Glieder eines oder mehrerer Kreise ungleich werden, bei

Musa, wo ursprünglich 6 Antheren vorhanden sind, aber nur 5 ausgebildet werden (Fig. 119. p. 149), und häufig in diesem Falle die verkümmerten Glieder noch in der ausgebildeten Blüthe als kleine Erhebungen, denen man nach ihrer Stellung verschiedene Namen gegeben, nachweisbar sind (die Nebenstaubfäden der Laurineen Fig. 131. p. 156).

Für die durch ungleiche Ausbildung der Theile unregelmäßig gewordene Blüthe (Fig. 124. p. 153) kommt noch die sogenannte Verwachsung (richtiger die ungetrennte Fortbildung nur an ihrer Spitze getrennt angelegter Blattorgane) wesentlich in Betracht (Fig. 119. p. 149 u. Fig. 121. p. 150). Viel seltener bilden sich die Theile eines Blattkreises auch dem Werthe nach verschieden aus, wie dies bei *Canna* (Fig. 139) und *Phrynium* der Fall ist, indem das eine Blatt



desselben Kreises blumenartig, das zweite als Staubfaden und das letzte als Narbenblatt ausgebildet ist.

Die ungleichwerthigen Blattkreise der Blüthe (Kelch, Blumenkrone, Staubblätter) können nun einfach, doppelt oder mehrfach auftreten, ja bei den gefüllten Blüthen, welche eigentlich als Monstrositäten zu bezeichnen sind, kann eine Vermehrung der Blumenblattkreise sowohl ohne Verminderung der Staubblattkreise, als auch auf Kosten der letzteren stattfinden, was häufiger vorkommt. Ebenso können gewisse Theile der Blüthe verkümmern, wodurch die Zwitterblüthe einiger Pflanzen oftmals ihre Staubfäden oder ihren weiblichen Apparat einbüßt. Bei anderen Pflanzen dagegen sind getrennte Geschlechter constant.

Für die Knospenlage der Blüthe unterscheidet man endlich folgende Hauptformen (p. 114):

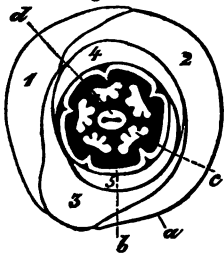
Fig. 139. *Canna* Spec. 1. Querschnitt durch eine halb ausgebildete Blütenknospe, 1—3 die Blätter des äußeren Kreises, 4—6 die Blätter des inneren Kreises der Blumenkrone, 7—9 die Blätter des letzten Blattkreises der Blüthe; 7 ist blumenblattartig ausgebildet und tritt in der offenen Blüthe lippenartig hervor; 8 ist zum Staubblatt mit einer zweifächerigen (halben) Anthere geworden, während die andere Hälfte des Blattes blumenblattartig geblieben ist; 9 bildet den Staubweg, mit seitlich gelegnem Staubwegcanal (Vergrößerung 15 mal). II Das Staubblatt und der Staubweg einer solchen Knospe isolirt.

1. *Aestivatio valvata*, wenn sich die Ränder der Blüthenelemente eines Kreises berühren ohne sich zu decken (Fig. 122. p. 151 und Fig. 124. p. 153).

2. *A. imbricata*, wenn jedes Blatt mit seinem äußeren Rande das Nachbarblatt bedeckt (die Blumenkrone von *Erica*, der Kelch von *Ardisia*).

3. *A. contorta*, eine gedrehte Form der vorigen Knospenlage (Fig. 123 i. p. 151).

Fig. 140.



4. *A. plicativa*, wenn sich der Rand der Blätter aus Mangel an Raum in der Knospe nach Innen faltet (eigentlich nur eine bestimmte Form von 1 oder 2, Fig. 140).

5. *A. corrugativa*, wenn die Blätter unregelmäßig zerknittert liegen (Blumenkrone von *Papaver* und *Chelidonium*).

6. *A. quincuncialis*, wenn 5 Blätter so liegen, daß zwischen 2 äußeren ganz unbedeckten und 2 inneren ganz bedeckten ein fünftes eingeschoben ist (p. 114). (Kelch und Blumenkrone von *Ranunculus*, *Paeonia*, *Visnea* und *Clethra*, Kelch von *Convolvulus Batatas*, Fig. 140).

Der Blütenstand.

§. 75. Die Blüthe kann sowohl einzeln, als Endblüthe (*Pyrola uniflora*) oder als achselständige Blüthe (*Opuntia*, *Viola*) am Zweige auftreten, erscheint aber häufiger gesellig an besonderen Zweigen, deren Blätter dann in Gestalt und Größe von den Laubblättern anderer Zweige, die keine Blüten tragen, verschieden sind und Deckblätter (Hochblätter, *Bracteae*) genannt werden, während diese Vereinigung vieler Blüten an einem besonderen Zweige als Blütenstand (*Inflorescentia*) bezeichnet wird. Wenn ein in der Regel großes und öfters eigenthümlich geformtes Blatt als Deckblatt eines solchen Blütenstandes auftritt, so wird dasselbe *Spatha* genannt (bei den Aroideen und den Palmen).

Man muß einen einfachen und einen zusammengesetzten Blütenstand unterscheiden. Einfach, wenn nur eine Hauptachse (*rachis*) vorhanden ist, an welcher die Blüten kurz oder lang gestielt auftreten, zusammengesetzt dagegen, wenn sich die Hauptachse

Fig. 140. *Convolvulus Batatas*. Querschnitt durch die junge Blütenknospe, *a* der Kreis der Kelchblätter, welche eine *Aestivatio quincuncialis* besitzen (1—5), *b* der Kreis der Blumenblätter mit einer *Aestivatio plicativa*, *c* der Kreis der Staubblätter, *d* die Anlage des Fruchtknotens (16 mal vergrößert).

durch Bildung von Seitenachsen verzweigt hat. Bei dem einfachen Blütenstande kann nun die Hauptachse kurze oder lange Stengelglieder bilden, sie kann auch eine flächen- oder becherförmige Gestalt annehmen, ferner können die Stiele der einzelnen Blüten kurz oder lang erscheinen. Das Verhalten der Hauptachse und der Blütenstiele zu einander bedingt nun die Grundformen der einfachen Blütenstände, aus welchen die zusammengesetzten durch eine Wiederholung des für die einfachen Formen Geltenden hervorgehen. Die 4 Grundformen der einfachen Blütenstände sind:

1. Das Köpfchen (Capitulum), mit verkürzten Stengelgliedern der Hauptachse und kurzgestielten oder sitzenden Blüten (Fig. 141 *e, f*), wo der Blütenstand der Compositen (*f*) den Uebergang zur Inflorescenz der Feige bildet (Fig. 142).

2. Die Dolde (Umbella), mit verkürzten Stengelgliedern der Hauptachse, aber langgestielten Blüten (Fig. 141 *g, h, i* und als zusammengesetzte Dolde *k*).

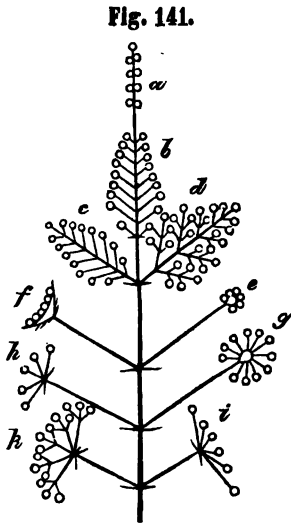
3. Die Aehre (Spica), mit verlängerten Stengelgliedern und kurzgestielten oder sitzenden Blüten (Fig. 141 *a*), wohin das Kätzchen und der Zapfen gehören.

4. Die Traube (Racemus), mit verlängerten Stengelgliedern der Hauptachse und langgestielten Blüten (Fig. 141 *b, c* und als zusammengesetzte Traube *d*).

Die zahllosen Benennungen der verschiedenen Blütenstände lassen sich in dies Schema unterordnen, viele sind dazu ganz überflüssig und müßten billigerweise gestrichen werden.

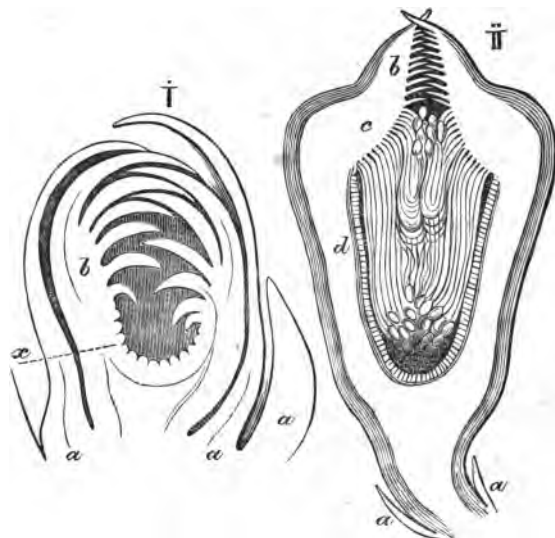
In der Regel entsteht in der Achsel eines Deckblattes nur eine Blüthe, bei einigen Pflanzen bilden sich aber constant deren 2 (Manglesia, Hakea, Musa coccinea), während bei noch anderen viele Blüten entstehen (Musa sapientum und Cavendishi). Die Stellung der Deck-

Fig. 141. Die Hauptformen der Blütenstände, schematisch, *a* die Aehre (spica), *b* die Traube (racemus simplex), *c* die einfach zusammengesetzte Traube, *d* die doppelt zusammengesetzte Traube, *e* das Köpfchen (capitulum), *f* der Blütenstand der Compositen, *g* die Kugeldolde (umbella globosa), *h* die Dolde (umbella), *i* eine Form der Dolde mit flacher Oberfläche, *k* die zusammengesetzte Dolde.



blätter am Blütenstand entspricht in der Regel der Blattstellung am Laubzweige. Bei anderen Blütenständen (*Colocasia antiquorum*, männlicher Blütenstand von *Quercus* und *Fagus*) scheinen die Deckblätter gänzlich zu fehlen, dagegen entsprechen die Spreublätter (*paleae*) des

Fig. 142.



Blütenbodens der Compositen den Deckblättern der Einzelblüthe. Bei einigen Blütenständen sind auch die Einzelblüthen unter sich nicht von gleicher Ausbildung (bei gewissen Abtheilungen der Compositen und bei einigen Umbelliferen, *Orlaya grandiflora*).

Fig. 142. Der Blütenstand der Feige. I Längsschnitt durch die noch sehr junge Anlage desselben von *Ficus carica*, *a*, *a* Knospendeckblätter, unter deren Schutz sich die erste Anlage der Feige in der Achsel eines Blattes bildet, *b* die Blätter des jungen Blütenstandes, in deren Achseln keine Blüten entstehen und welche später die Mündung der Feige verschließen, *x* die Anlage derjenigen Blätter, in deren Achseln darauf die Blüten erscheinen (25 mal vergrößert). II Längsschnitt durch eine halbreife Feige von *Ficus stipulata*, *c* die Region welche männliche Blüten bildet, die an langen Stielen nach abwärts wachsen, während die weiblichen Blüten (*d*) im ganzen Umkreis der Höhle sitzen.

XVI. Die Befruchtung der phanerogamen Gewächse.

§. 76. Unter Befruchtung versteht man im Thier- und im Pflanzenreich das nothwendige Zusammentreffen zweier unter sich ungleichwerthiger Stoffe zur Erzeugung einer Keimanlage.

Die Befruchtung der Pflanzen kann, nach dem jetzigen Stande unseres Wissens, mit der Befruchtung der Thiere insofern verglichen werden, als in beiden Fällen sowohl zur Bildung des befruchtenden männlichen Stoffes, als auch zur Entstehung der jungfräulichen weiblichen Masse besondere Organe nothwendig sind und erst durch unmittelbare Vermischung beider ein Körper entsteht, der sich zum Embryo ausbildet.

Bei den Thieren ist der Hode, welcher die Samenflüssigkeit bereitet, das männliche Organ; bei den kryptogamen Gewächsen haben wir dasselbe in der Antheridie (p. 130) kennen gelernt und bei den phanerogamen Pflanzen finden wir es in der Anthere oder dem Staubblatt, welches die Pollenkörner bildet, wieder.

In der Samenflüssigkeit des Thieres sind die Samenfäden oder Spermatozoen, wie wir jetzt wissen, das Wesentliche; sie dringen, nach den neuesten Untersuchungen von BARY, KEBER, NEWPORT, MEISSNER, BISCHOFF u. A., in das Innere des thierischen Eies und nehmen dort, freilich auf noch unbekannte Weise, an der Bildung des Keimes materiellen Antheil. Die beweglichen Befruchtungskörper, in der Antheridie der Algen entstanden, dringen nach PRINGSHEIM gleichfalls in die zu befruchtende Protoplasma-Masse des weiblichen Organs (p. 136). Während man bislang dem männlichen Samen nur einen befruchtenden, d. h. einen zur Keimbildung befähigenden, nicht unmittelbaren Einfluß auf das Ei zuschrieb, muß man ihm jetzt einen sehr materiellen Antheil an der Entstehung des Keimes zuerkennen. Bei den phanerogamen Gewächsen sind nun zwar in dem Inhalt der Pollenkörner, welcher der Samenflüssigkeit entspricht, bis jetzt noch keine bewegliche Befruchtungskörper aufgefunden worden; allein wenn auch die Formelemente hier zu fehlen scheinen, so vollzieht dieser Inhalt, die Fovilla, doch factisch die Befruchtung, indem durch die unmittelbare Vermischung desselben mit dem Protoplasma des Keimkörperchens das letztere zur ersten Zelle der neuen Keimanlage wird.

Das weibliche Organ der Thiere ist der Eierstock, in ihm bildet sich das Ei als eine Zelle; auch im weiblichen Organ der Kryptogamen, im Pistill oder Archegonium (p. 130), entsteht eine membranlose Zelle, das

Keimbläschen, und im weiblichen Organ der phanerogamen Pflanzen, in der Samenknope, finden wir wieder zwei oder mehr einer Zelle ähnliche Organe, die Keimkörperchen (Keimbläschen nach AMICI und HOFMEISTER). — Die Anlage zum Thier oder zur Pflanze entwickelt sich ohne Befruchtung nicht weiter, befruchtet aber entsteht aus ihr die erste Zelle des Embryo, d. h. des durch geschlechtliche Zeugung entstandenen Keimes. Bei den Säugethieren erfolgt die Ausbildung desselben in der Gebärmutter, bei den Kryptogamen in der Höhle des Archegonium und bei den phanerogamen Gewächsen im Innern einer großen, im Knospenkern der Samenknope gelegenen, Zelle, dem Embryosack, in welchem auch die Keimkörperchen entstanden sind. Für die Befruchtung der Phanerogamen sind die Pollenkörner und die Samenknospen die wesentlichsten Theile. Der Pollenschlauch ist eine directe Verlängerung der inneren Haut des Pollenkorns, bei den Nadelhölzern dagegen die Verlängerung einer Tochterzelle des letzteren. Die Befruchtung erfolgt im Embryosacke selbst, bei den Nadelhölzern und Cycadeen aber in einer Tochterzelle desselben.

Der Blütenstaub.

§. 77. Der Blütenstaub oder Pollen bildet sich im Innern des Staubbeutels, und zwar so, daß in einer Mutterzelle 4 Pollenkörner entstehen (p. 21). Wenn nun die Wand der Mutterzelle nicht völlig resorbirt wird, so bleiben die 4 in ihr entstandenen Pollenzellen mit einander verbunden, wie dies bei den Orchideen und einigen Ericaceen der Fall ist, verschwindet dagegen die Mutterzelle vollständig, so sind die Pollenkörner getrennt, was häufiger vorkommt. — Bei den Asclepiadeen bilden die Pollenkörner eines Antherenfaches, von einer festen, in Schwefelsäure unlöslichen, Membran sackartig umhüllt, eine Pollenmasse, deren Haut von dem Pollenschlauch des einzelnen Pollenkorns durchbrochen wird. Bei vielen Orchideen mit nicht getrennten Pollenkörnern verbindet wieder ein schleimig-klebriger Stoff größere oder kleinere Gruppen der überdies zu 4 verbundenen Pollenkörner mit einander, so daß die Pollenkörner jeder Antherenseite eine aus Lappen zusammengesetzte Masse bilden. Die größeren Gruppen aber sind bisweilen ihrerseits von einer membranartigen Hülle bekleidet, welche, wie die Aufsenhaut der getrennten Pollenkörner, oftmals gefeldert erscheint (Himantoglossum). Die Pollenmasse jeder Antherenhälfte dieser Orchideen verschmälert sich allmähig in einen schleimigen Stiel, welcher mit einer Anschwellung (dem Retinaculum) endigt und durch letzteren bei einigen Gattungen mit der Pollenmasse der anderen Seite zusammenhängt (Himantoglossum [Fig. 124 iv. p. 153], Anacamptis).

Stiel und Anschwellung bestehen hier aus Zellen, welche sich in Schleim auflösen; der Theil, in dem die Anschwellung liegt, wird Bursicula genannt. Andere Orchideen besitzen, wie die Mehrzahl der Pflanzen, getrennte Pollenkörner. Bei einigen Acacia-Arten sind 16 Pollenkörner mit einander zu einer Gruppe von bestimmter Form verbunden.

Die getrennten Pollenkörner nun sind freie Zellen, deren primäre Zellmembran bei ihrer Ausbildung aufgelöst wurde und deshalb denselben mangelt (p. 21), sie bestehen in der Mehrzahl der Fälle aus zwei Häuten. Die äußere, in der Regel dem Angriff der stärksten Säuren widerstehende, Membran (die Aufsenhaut, Exine), welche häufig die zierlichsten Bildungen, als Warzen, thurm- und stachelartige Erhebungen, desgleichen leistenförmig gefelderte Zeichnungen auf der freien Oberfläche zeigt, besteht nicht selten wieder aus zwei Schichten, in der sehr häufig eine bestimmte Anzahl von mit einer dünnen Membran verschlossenen Porencanälen (Fig. 2. p. 7), oder seltener wahre Löcher, vorkommen, die in manchen Fällen durch Deckel verschlossen sind (bei den Cucurbitaceen [Fig. 20. p. 25] und Alsineen). Die äußere Schicht der Aufsenhaut zeigt außerdem nicht selten Hohlräume mit zierlichen, nach Aufsen sich öffnenden, Ausführungsgängen (*Mirabilis Jalapa*) (Fig. 2. p. 7). Auch ist die Zahl der Oeffnungen oder Porencanäle in den meisten Fällen, gleich dem übrigen Bau der Aufsenhaut, für die Pflanze sehr constant. Die mannigfachsten Formen der Zellwandverdickung, welche überhaupt im Pflanzenreich gefunden werden, zeigt diese Aufsenhaut des Pollens, welche man auch die Cuticula des letzteren nennt, obschon sie diesen Namen nicht mehr verdient, da ich ihr Entstehen aus den Verdickungsschichten der Pollenzelle nachgewiesen habe und sie sogar als breites, um das kugelige Pollenkorn gewundenes, Spiralband (bei *Thunbergia coccinea*) erscheint. Diese Aufsenhaut ist in manchen Fällen nur sehr zart (*Canna*, *Phrynium*, *Alpinia*), in anderen dagegen stark verdickt (*Viscum*, *Mirabilis*, *Malva*).

Die innere Membran des Pollenkorns (die Intine) dagegen, welche immer aus Zellstoff besteht und in den meisten Fällen auch durch Jod und Schwefelsäure blau gefärbt wird, kann sehr zart, kaum wahrnehmbar (bei *Mirabilis*, *Nyctago*), aber auch sehr dickwandig (*Canna*, *Phrynium*, *Alpinia*) auftreten; sie ist überdies in der Mehrzahl der Fälle unter dem Porencanal oder der Oeffnung der Aufsenhaut stärker verdickt und bildet hier manchmal halbkugelige, aus Zellstoff bestehende, Anschwellungen, welche FRITZSCHE für besondere Theile der Pollenhaut gehalten und Zwischenkörper genannt hat (*Malvaceae*, *Geraniaceae*, *Campanulaceae*). Wenn statt des Porencanals

eine sich allmählig verdünnende Außenhaut über der verdickten Stelle der Innenhaut des Pollenkornes liegt, so zieht sich diese Stelle beim Austrocknen des letzteren faltenartig zusammen (*Yucca* mit einer Längsfalte (Fig. 143) und *Haliota* u. s. w. mit drei Längsfalten). Aus dieser verdickten aber wenig verdichteten Partie der inneren Pollenhaut bildet sich später durch Ausdehnung der Pollenschlauch, welcher entweder die dünne Membran des Porencanals durchbricht, oder den Deckel über der Oeffnung hervortreibt und darauf demselben folgt, bei einigen Pflanzen (den Cichoraceen, Geraniaceen) aber schon ursprünglich frei hervorragt und sich nur zu verlängern braucht. Bei allen Phanerogamen, die einen Fruchtknoten besitzen, entsendet die innere Pollenhaut den Pollenschlauch als directe Verlängerung; bei den Nadelhölzern und Cycadeen dagegen bilden sich im Innern dieser Pollenhaut zwei Tochterzellen von ungleicher Größe, von welchen bei den Abietineen die kleinere wieder hinter einander durch Theilung mehrere Zellen erzeugt, welche einen Körper bilden, dessen freie Endzelle zum Pollenschlauch wird (Fig. 144), der aus der äußeren Pollenhaut, die zweiklappig aufspringend abgestreift wird, hervortritt, während bei den übrigen Nadelhölzern und den Cycadeen die kleinere Tochterzelle unthätig bleibt, und sich die größere

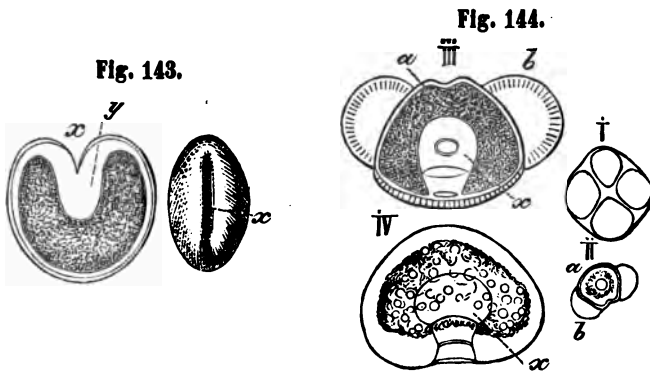


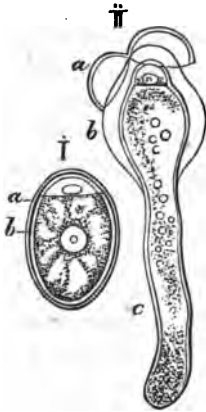
Fig. 143. *Yucca gloriosa*. Rechts ein Pollenkorn im trockenen Zustande, links ein Querschnitt in Wasser gesehen, x die Falte, die Verdickung der inneren Pollenhaut (Vergrößerung 350 mal und 800 mal).

Fig. 144. Blütenstaub von *Picea vulgaris*. I Die Mutterzelle mit den vier Specialmutterzellen, aus denen die jungen Pollenkörner durch Wasseraufsaugung hervorgetreten sind. II Ein solches Pollenkorn, schon mit dem centralen Theile (a) und den beiden seitlichen Anhängen (b) versehen. III Ein reifes Pollenkorn; x der Zellkörper, dessen freie Endzelle später den Pollenschlauch bildet. IV Die innere Pollenhaut, durch Anwendung von Salpetersäure aus der äußeren Pollenhaut hervorgetreten (I und II 200 mal, III und IV 300 mal vergrößert).

zum Pollenschlauch entwickelt, wobei die Außenhaut gleichfalls als zweiklappige Hülle abfällt (Fig. 145).

Im Allgemeinen sind die Pollenkörner rund oder eiförmig (Fig. 2. p. 7 und Fig. 20. p. 25); bei vielen Abietineen bestehen sie aus einem Mittelkörper und zwei seitlichen Ausbuchtungen (Fig. 144).

Fig. 145.



Man kann nach der Zahl der Austrittsstellen für den Pollenschlauch folgende Formen der freien Pollenkörner unterscheiden: 1. Ohne deutlich erkennbare Austrittsstelle des Pollenschlauches (Matthiola, Cephalanthera, Canna, Oreodaphne, Persea). 2. Mit einer Austrittsstelle (bei der Mehrzahl der Monocotyledonen). 3. Mit zwei Austrittsstellen (Ficus, Justicia). 4. Mit drei Austrittsstellen (wohl die häufigste Form unter den Dicotyledonen: Onagraceae, Proteaceae, Lorantheae, Ericaceae, Lythraceae, Euphorbiaceae, Geraniaceae, Cichoraceae u. s. w.). 5. Mit 4 — 5 Austrittsstellen (Carpinus, Alnus, Ulmus). Mit 8 oder

vielen Austrittsstellen (eine sehr verbreitete Form, bei Mirabilis, Malvaceae, Opuntia, Amaranthaceae, Chenopodiaceae). Die Größe der Pollenkörner schwankt von $\frac{5}{100}$ Millim. (Ficus elastica) bis zu $\frac{40}{100}$ Millim. (Malope grandiflora) im Durchmesser.

Der Inhalt der Pollenkörner oder die Fovhla, welche den eigentlich befruchtenden Stoff abgibt, besteht aus einer Flüssigkeit, die viele körnig abgeschiedene und gelöste Eiweißstoffe und außerdem in vielen Fällen noch Stärkmehlkörner, Inulin, Zucker, Dextrin, desgleichen Oeltropfen enthält, aber, soweit bis jetzt beobachtet, keine bewegliche Befruchtungskörper ausbildet, wohl aber, wenn der körnige Inhalt in Wasser vertheilt wird, die bekannte Molecularbewegung zeigt. Dieser Inhalt, der einen centralen Zellkern einschließt, ist, soweit meine Beobachtungen gehen, wenigstens vor der Bildung des Pollenschlauches von keiner Hautschicht oder ablösbaren Membran, keinem eigentlichen Primordialschlauch im Sinne v. Mohl's (p. 12) umhüllt. Selten bildet sich aus einem Pollenkorn, obschon in der Regel mehrere Stellen zum Austritt desselben vorhanden sind, mehr als ein Pollenschlauch. — Eine öl- oder schleimartige Masse, welche die Pollenkörner vieler Pflanzen umgibt und bei den Onagraceen zu Fäden erhärtet ist,

Fig. 145. Cupressus sempervirens. I Ein Pollenkorn mit seinen beiden Tochterzellen, a die Außenhaut, b die Innenhaut. II Ein anderes, welches aus der größeren Tochterzelle den Pollenschlauch (c) gebildet hat (300 mal vergrößert).

verdankt wahrscheinlich dem Parenchym, welches die Pollenkörner des Antherenfaches ernährt und darauf verschwindet, sein Entstehen.

Die Bestäubung.

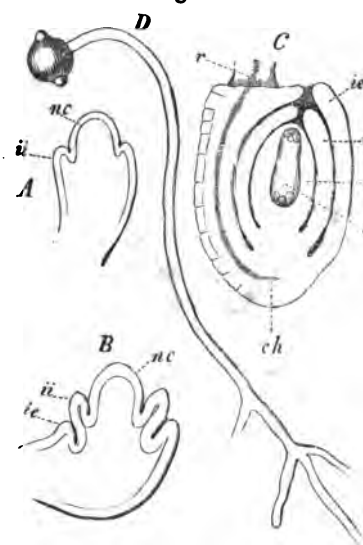
§. 78. Der Blütenstaub der geöffneten Blüthe gelangt entweder beim Aufspringen der Anthere selbst, oder durch den Wind oder durch Insekten, welche in der Blume Honig suchen, auf die Narbe und treibt auf derselben Schläuche, seltener entwickeln sich diese schon innerhalb des Antherenfaches (bei *Limodorum*, *Strelitzia*, *Cupressus*). Die Pollenschläuche aber gelangen, von den Papillen der Narbe ernährt und dem leitenden Gewebe im Staubwegcanal, das um diese Zeit eine klebrige, zuckerhaltige, Flüssigkeit aussondert, zugeführt, in die Fruchtknotenhöhle und an die Samenträger, von denen sie weiter an den Knospenmund der Samenknospe geführt werden. Nur in seltenen Fällen tritt aus einem Pollenkorn mehr als ein Pollenschlauch hervor, die Pollenschläuche aber steigen häufig in starken Bündeln gesellig in die Fruchtknotenhöhle hinab. Bei den Nadelhölzern und den Cycadeen mit nackten Samenknospen gelangt das Pollenkorn unmittelbar auf den Knospenmund, welcher hier eine Zucker und Harz enthaltende Flüssigkeit aussondert. — In vielen Fällen stirbt der obere Theil des Pollenschlauches ab, während der untere fortwächst, was namentlich für diejenigen Pflanzen gilt, bei welchen Bestäubung und Befruchtung der Zeit nach weit (mehrere Monate) auseinander liegen (*Corylus*, *Alnus*); bei vielen Nadelhölzern (*Pinus* und *Juniperus*) erfolgt gar die Bestäubung in dem einen Frühjahr und die Befruchtung in dem anderen, häufiger dagegen geschieht die letztere, sobald der Pollenschlauch an die Spitze des Embryosackes gelangt ist. Der Weg von der Narbe zu der Samenknospe wird nun von den Pollenschläuchen verschiedener Pflanzen in verschiedener Zeit zurückgelegt (meistens in 2—7 Tagen), wobei die Länge des Staubweges wenig in Betracht kommt. — Verzweigte Pollenschläuche sind nicht selten. Der Inhalt, die Fovilla, ändert sich während der Schlauchbildung nicht wesentlich, doch verschwinden die Stärkmehlkörner, bevor der Pollenschlauch den Embryosack erreicht. Seine Membran besteht immer aus Zellstoff und zeigt nicht selten deutliche Schichten.

Zur reichlichen und fruchtbaren Bestäubung ist feuchte warme Witterung günstig, heftige Sturmwinde und Schlagregen hindern dieselbe, anhaltende Dürre wirkt, weil die Narben vertrocknen, gleichfalls auf die Befruchtung nachtheilig.

Die Samenknospe und der Embryosack.

§. 79. Die Samenträger (p. 160) im Innern der Fruchtknotenhöhle tragen die Samenknospen (Gemmulae, Ovulae), welche wie eine Stammknospe als Vegetationskegel am Samenträger hervortreten und sich zum Knospenkern (Nucleus) oder der eigentlichen Achse der Samenknospe ausbilden, der entweder ohne Umbüllung bleibt (bei *Hippuris*, *Coffea*), oder, indem er sich emporhebt, am Grunde von einer kreisförmigen Wulst (einem Discus p. 157) umhüllt wird, welche mit dem Knospenkern emporsteigt und über dessen Spitze mit einem freien Saume endigt. Wenn nur eine solche Kreiswulst auftritt, so

Fig. 146.



erhält die Samenknospe nur eine Knospenhülle (Integument) (bei den Labiaten, Borragineen, Personaten), wenn sich dagegen bald nach der Anlage des ersten Integumentes unter demselben eine zweite Kreiswulst bildet, welche sich mit der ersten, diese überziehend, entwickelt, so erhält die Samenknospe zwei Integumente (bei *Quercus*, *Fagus*, *Viola* [Fig. 146] und bei allen Monocotyledonen, mit Ausnahme einiger Amaryllideen). Diese beiden Knospenhüllen, welche ihrer Folge und Entstehungsweise nach keine stengelumfassende Blätter sein können, bilden sich immer gleich nach dem ersten Auftreten des

Vegetationskegels der Samenknospe; eine andere ihnen ähnliche Hülle (der Arillus), welche nur wenig Pflanzen (*Taxus*) eigen ist, erscheint dagegen erst nach stattgefundener Befruchtung. Der freie Saum der Hülle über dem Vegetationskegel des Knospenkerns, den man die Kernwarze (Mamilla nucleae) nennt, bildet den Knospenmund (Micropyle), welcher danach einfach oder doppelt sein kann. Die

Fig. 146. Entwicklungszustände der Samenknospe des Stiefmütterchen (*Viola tricolor*). A Sehr junger Zustand, *nc* der Knospenkern, *ii* die innere Knospenhülle. B Etwas späterer Zustand, *ie* äußere Knospenhülle. C Die Samenknospe zur Blüthezeit im Längsschnitt, gegenläufig, *ch* Knospengrund, *se* Keimsack. *r* die Nabelschnur (raphe). D Ein Pollenkorn, welches einen verzweigten Pollenschlauch getrieben hat (150 mal vergrößert).

Samenknospe selbst erhält in den meisten Fällen ein Gefäßsbündel vom Samenträger, welches bei der Samenknospe mit 2 Integumenten in der äußeren Knospenhülle verläuft, bei dem nackten Knospenkern aber in diesen selbst hindübertritt und Nabelschnur (Raphe) genannt wird. Der Ort, wo das Gefäßsbündel im Grunde des Knospenkerns aufhört, wird Hagelfleck (Chalaza) genannt (Fig. 146). In seltenen Fällen verzweigt sich das Gefäßsbündel im Gewebe des Integumentes selbst (bei Citrus) oder läuft einfach rund um die Samenknospe herum (bei vielen Compositen). Bei den Orchideen und Monotropa fehlt dasselbe, bei Clethra und den Personaten ist es nur unvollkommen entwickelt, d. h. ohne Gefäße. Als Befestigungspunkt (Hilum) bezeichnet man endlich denjenigen Ort der sitzenden oder von einem Stiel (Funiculus) getragenen Samenknospe, welcher dieselbe mit dem Samenträger verbindet. Bei den Samenknospen der Coniferen und der Cycadeen, die frei am Blütenstande auftreten, ist die Entwicklungsweise dieselbe.

Nach der Lage des Knospenmundes zum Anheftungspunkt der Samenknospe kann man darauf 4 Hauptformen der letzteren unterscheiden: 1. Die geradläufige Samenknospe (Gemmula orthotropa), deren Knospenmund der Chalaza und dem Anheftungspunkt gegenüber liegt (Polygonium, Fig. 147, Taxus, Fig. 148). 2. Die gegenläufige

Fig. 147.



Fig. 148.

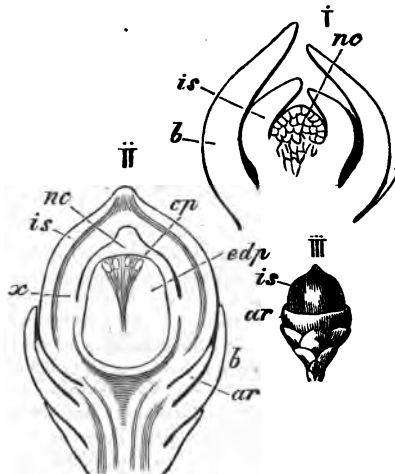


Fig. 147. Längsschnitt durch den einsamigen Fruchtknoten von *Polygonum convolvulus* zur Blüthezeit, *a* die Narbe, *b* Pollenkörner auf derselben, *c* der Staubweg, *d* die Wand der Fruchtknotenöhle, *gm* die aufrechte geradläufige Samenknospe, *se* der Keimsack oder Embryosack derselben, *ch* die Chalaza oder

Samenknoepe (*G. anatropa*), deren Knospensmund neben dem Anheftungspunkt, die Chalaza aber demselben gegenüber liegt (*Viola*, Fig. 146, *Podocarpus*, Fig. 149). 3. Die krummläufige Samenknoepe (*G. campylotropa*), wo der Anheftungspunkt sammt der Chalaza zur Seite des Knospensmundes liegt und somit der Knospenkern gekrümmt ist (*Cruciferen* und *Amaranthaceae*, Fig. 150). 4. Die gebogene Samen-

Fig. 149.

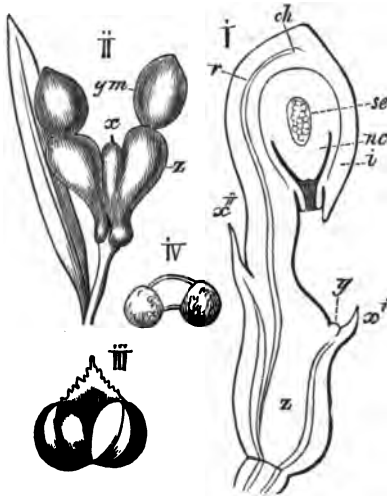
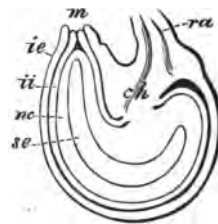


Fig. 150.



der Knospengrund; zwei Pollenschläuche treten durch den Staubwegcanal zur Samenknoepe hinab (Vergrößerung 40 mal).

Fig. 148. *Taxus baccata*. I Die junge Samenknoepe als Endknoepe eines Zweiges im Längsschnitt, *is* das einfache Integument, *nc* der Knospenkern der geradläufigen Samenknoepe, *b* Blätter des Zweiges. II Die Samenknoepe zur Zeit der Befruchtung im Längsschnitt, *cp* die Corpuscula im Sameneiweiß (*edp*), *x* die später in den inneren Theilen holzig werdende Samenschale, aus dem einfachen Integument entstanden, *ar* der Anfang des Arillus. III Ein halbreifer Same; der Arillus (*ar*) bekleidet denselben erst bis zur Hälfte (I 50 mal, II 5 mal vergr.).

Fig. 149. *Podocarpus lanceolata*. I Längsschnitt durch den weiblichen Blütenstand, *x'* und *x''* schuppenartige Deckblätter für die nackte, achselständige Samenknoepe, welche nur bei *x''* zur Ausbildung gekommen ist, bei *x'* aber als kleine warzenförmige Erhebung (*y*), als Vegetationskegel einer Knospe, verblieben ist. Das Stengelglied *z* des Blütenstandes schwillt später an und wird fleischig; die gegenläufige Samenknoepe hat zwei Integumente (*i*), welche jedoch nur an ihrer Spitze getrennt sind, *nc* der Knospenkern, *se* der Embryosack, *ch* die Chalaza, *r* die Raphe oder das Gefäßbündel der Samenknoepe. II Ein halbreifer Samenstand mit 2 ausgebildeten Samenknoepen (*gm*), *x* das Deckblatt einer fehlgeschlagenen Samenknoepe. III Das Staubblatt von *Podocarpus Sellowii*. IV Ein Pollenkorn aus demselben (I und III sind 10 mal, IV ist 200 mal vergrößert, II dagegen ist in natürlicher GröÙe dargestellt).

Fig. 150. Samenknoepe von *Beta vulgaris*, *ch* die Chalaza, *ie* das äußere Integument *ii* das innere Integument, *nc* der Knospenkern, *se* der Embryosack, *m* der Knospensmund, *ra* die Raphe (Vergrößerung 30 mal).

knospe (*G. lycotropa*), welche in der Ausbildung ihrer Theile der geradläufigen Samenknoſpe entspricht, ſich aber durch eine ſiechel- oder hufeisenförmige Biegung des Knoſpenkerns ſammt ſeiner Hülle von ihr unterſcheidet (*Potamogeton*, *Alisma*). — Der Knoſpenträger kann nun weiter kurz

oder lang erſcheinen; bei *Opuntia* windet er ſich rund um die Samenknospe (Fig. 151). Die Samenknospe iſt endlich nach ihrer Lage im Fruchtknoten entweder grundſtändig oder hängend oder an der Seite des Samenträgers befeſtigt.

Gleich der Stammknospe kann auch die Samenknospe als Endknospe, Achselknospe und Nebenknospe auftreten.

Als Endknospe erſcheint ſie bei *Polygonum* und *Taxus* (Fig. 147. p. 175 und Fig. 148. p. 175), als Achselknospe bei *Podocarpus* (Fig. 149) und *Cupressus* und als Nebenknospe in den zahlloſen Fällen, wo ſie am wandſtändigen Samenträger auftritt; doch bildet ſie ſich, wie die Blütenknospe, ohne Stützblatt (p. 167) immer an der Oberfläche des Samenträgers.

Im Knoſpenkern oder der Achſe der fertigen Samenknospe entwickelt ſich eine Zelle überwiegend und verdrängt ihre Umgebung mehr oder weniger, ſie wird zum Embryosack (*Sacculus embryonalis*), der ſeinen Zellkern und Zellsaft enthält und in der Regel reich an Proteinverbindungen iſt. Dieſer aber bildet in einigen Pflanzengruppen ſpäter ſeitliche Verlängerungen, welche nicht ſelten die Knoſpenhülle durchbrechen und frei in die Fruchtknotenhöhle treten, ſich aber niemals mit Zellen anfüllen (*Labiatae* [Fig. 152], *Rhinanthaceae*, *Santalaceae*). Selten erſcheinen mehrere Embryosäcke neben einander (*Cheiranthus*, *Rosa*, *Taxus*, *Viscum*).

Fig. 151. *Opuntia Ficus indica*. Samenknospen aus demſelben Fruchtknoten zur Blüthezeit. i Als geradläufige Samenknospe, ii als halbgewendete und iii als gegenläufige Samenknospe, welche für *Opuntia* normal und von dem langen Funiculus umſchlungen iſt, c die Chalaza, m die Micropyle, r die Raphe, se der Embryosack (20 mal vergrößert).

Schacht, Grundriß.

Die Keimkörperchen und ihre Gegenfüßler.

§. 80. An den beiden Enden des in der Regel etwas gestreckten Embryosackes erscheinen kurz vor der Befruchtung einige Zellen und zwar am Knospenmundende (Micropyle-Ende), in der Regel zwei, seltener drei von eigenthümlichem Bau, welche von AMICI entdeckt und Keimbläschen genannt wurden. Diese nun, welche ich, wegen ihres complicirten Baues, lieber Keimkörperchen nenne, bestehen im oberen Theil aus einer fettglänzenden streifigen Masse, deren abgerundete Spitze mehr oder weniger über die Membran des Embryosackes hervorragt, ja bei *Watsonia* als langer Seblauch, mit streifigem Inhalt, weit aus dem Knospenmund hervorsieht. Dieser obere Theil der Keimkörperchen, welcher nach den Pflanzen dem Grade nach mehr oder weniger entwickelt auftritt und sich bei *Gladiolus* und *Crocus* in einzelne, aus Zellstoff bestehende, Fäden zerlegen läßt, wird von mir Fadenapparat genannt (Fig. 153). Er scheint in denjenigen Fällen, wo der Pollenschlauch selbst in den Embryosack eindringt (*Canna*), desgleichen bei *Citrus* zu fehlen.

Unter dem Fadenapparat und von demselben durch keine erkennbare Grenze getrennt, liegt eine aus Protoplasma bestehende, kugelförmige, scharf umgrenzte, Protoplasma-Masse, welche einen centralen Zellkern einschließt, und nur von einer Hautschicht, aber keineswegs von einer festen Membran umhüllt ist, und die ich Protoplasma- oder Befruchtungskugel nenne, da sie durchaus der gleichfalls membranlosen Befruchtungskugel der Algen (p. 136) entspricht. Der Fadenapparat und die Protoplasma-Kugel aber bilden zusammen das Keimkörperchen (bei den Gramineen, Irideen, Liliaceen, Scrophularineen, Cucurbitaceen). Bei *Canna* und den *Citrus*-Arten besteht dasselbe, wie es scheint, allein aus der Befruchtungskugel. Diese aber zerfließt, da sie membranlos ist, in allen mir bekannten Fällen vor der Befruchtung nach wenig Secunden im Wasser des Objectträgers.

Am anderen Ende des Embryosackes (Chalaza-Ende) erscheinen um dieselbe Zeit eine, zwei oder mehrere Zellen, welche mit einer festen Membran bekleidet sind, von welcher sich der körnige Inhalt durch Wasser und Salzlösung zurückzieht. Ein großer centraler Zellkern scheint diesen Zellen, den Gegenfüßlern der Keimkörperchen, niemals zu fehlen. Dieselben entwickeln sich, wenn eine Befruchtung stattfindet, nicht weiter, sie verschwinden allmählig, auch bleibt der Theil, in welchem sie gelegen, später, da sie keine Tochterzellen bilden, zellenleer.

Fig. 153.

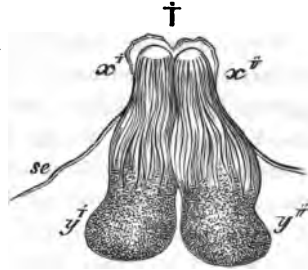


Fig. 152.

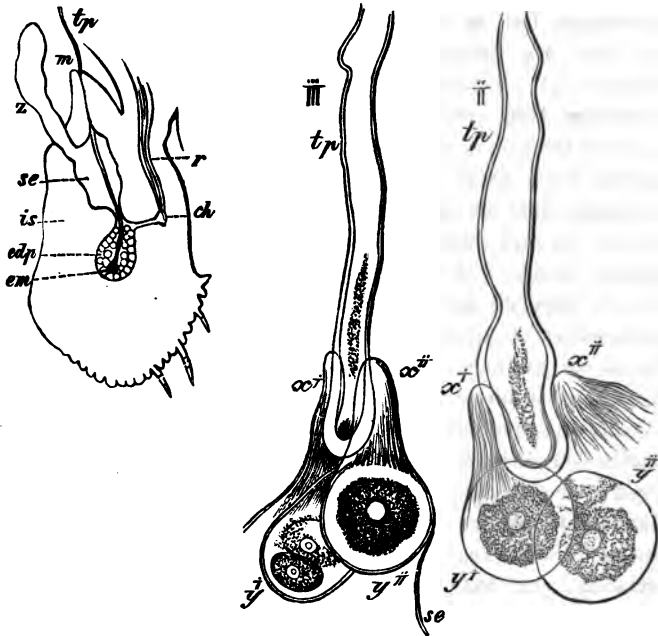


Fig. 152. Befruchtete Samenknospe von *Galeopsis versicolor* im Längsschnitt, *se* der Embryosack, welcher sich nur zum kleinen Theil mit Sameneiweiß (*edp*) anfüllt; die obere zellenleere Aussackung des Embryosackes tritt als langer Schlauch (*z*) aus dem einfachen Integument (*is*) hervor, das andere Ende des Embryosackes endet als kleiner zellenleerer Schlauch unter der Chalaza (*ch*), *m* der Knospenmund, in welchen ein Pollenschlauch (*tp*) eingedrungen ist, *em* der Embryo, an einem langen Embryoträger, *r* die Raphe (20mal vergr.).

Fig. 153. Der Befruchtungsvorgang bei *Gladiolus segetum*. I Die beiden unbefruchteten Keimkörperchen in der Spitze des Embryosackes, *x* der Fadenapparat, *y* die Protoplasmakugel, *se* die Membran des Embryosackes, welche über den glänzenden Spitzen der beiden Fadenapparate in der Resorption begriffen ist. II Ein Pollenschlauch, welcher die beiden Keimkörperchen kürzlich befruchtet hat, mit ihnen freigelegt; die um die Protoplasmakugel der letzteren entstandene Membran ist erst mit einfacher Contour sichtbar. III Ein etwas späterer Zustand;

Der Vorgang der Befruchtung.

§. 81. Wenn nun der Pollenschlauch durch den Knospenmund auf die Kernwarze der Samenknope gelangt ist, so dringt er zwischen die aufgelockerten Zellen derselben (Phormium, Oenothera) und berührt den Theil des Embryosackes, wo die Keimkörperchen liegen. Häufig ist die Kernwarze um diese Zeit schon vollständig durch Resorption verschwunden, so daß die Spitze des Embryosackes frei im Knospenmunde liegt (Gladiolus, Crocus). Da nun beide Keimkörperchen auf gleicher Höhe und dicht neben einander erscheinen, so kommt der Pollenschlauch fast in allen Fällen mit dem Fadenapparat beider, dessen über den Embryosack vorragende Spitze von klebriger Beschaffenheit ist, in directe Berührung und verbindet sich mehr oder weniger innig mit derselben, so daß meistens eine Trennung beider ohne Zerreißen nicht mehr möglich ist. Die Wand des Pollenschlauches quillt dabei entweder an den Berührungsstellen mit dem Fadenapparat oder im Allgemeinen auf und der körnige Inhalt, die Fovilla, in der sich auch jetzt keine bewegliche Befruchtungskörper nachweisen lassen, verschwindet in der Regel vollständig, doch läßt sich weder über die Zeit, innerhalb welcher dieser Uebertritt in das Keimkörperchen stattfindet, noch über die Weise, in welcher derselbe erfolgt, etwas Bestimmtes angeben. Ich vermute, daß die Körnchen der Fovilla selbst durch die alsdann gallertartig erweichte Membran des Pollenschlauches und durch die Zwischenräume im Fadenapparat, welche wahrscheinlich als Porencanäle aufzufassen sind, zur Befruchtungskugel gelangen und sich mit derselben vermischen. Andere dagegen (HORMEISTER und RADLKOFER) glauben, daß eine diosmotische Vermischung stattfindet. Wie bei den Algen erscheint darauf, bald nach geschehener Befruchtung, eine feste Membran um die Protoplastmakugel, welche durch selbige von ihrem Fadenapparat getrennt wird und Anfangs nur mit einfacher Contour sichtbar ist, sich aber bald verdickt, worauf sich der Inhalt durch Einwirkung von Wasser und Salzlösungen von der Membran zurückzieht (Fig. 153). — In der Regel werden beide Keimkörperchen befruchtet, denn die Befruchtungskugel beider erhält eine feste Zellstoffmembran, allein meistens wächst nur die eine zur Keimanlage aus, indem nach Bildung eines neuen Zellkerns in ihr

die befruchtete Protoplastmakugel des linken Keimkörperchens y^1 hat bereits, durch Theilung ihres Inhalts, zwei Zellen gebildet, wovon die untere zur ersten Zelle der Keimanlage, die obere aber zum kurzen Embryoträger wird. Die Membran der Protoplastmakugeln zeigt jetzt eine doppelte Contour. Das geschlossene Ende des Pollenschlauches von u u. m ist gallertartig aufgequollen (400 mal vergr.).

durch Theilung zwei Tochterzellen entstehen, deren obere zum Träger des künftigen Embryo, die untere dagegen zur Anlage des Keimes selber wird und als solche fortführt, sich durch Zellenvermehrung (durch Theilung) zuerst zu einer Kugel umzugestalten, in welcher sich darauf die inneren Theile, Mark und Rinde, desgleichen Wurzelende (Radicula) und Knospenende (Plumula), differenciren, worauf an dem einen Ende bei den Dicotyledonen die Bildung der Wurzelhaube, bei den Monocotyledonen aber die Anlage der Nebenwurzeln erfolgt, und am entgegengesetzten Ende das Auftreten der Samenlappen stattfindet, bis der Keim vollständig ausgebildet ist. Die obere Zelle dagegen, welche zum Embryoträger wird und in der nur in seltenen Fällen eine weitere Zellenbildung stattfindet, verlängert sich entweder nicht, in welchem Falle der junge Keim dicht unter dem Micropyle-Ende des Embryosackes liegt (Irideae, Liliaceae, Onagrarieae, Cucurbitaceae), oder sie wächst zum langen Schlauche aus und führt den jungen Keim bis zur Mitte, ja sogar bis zum unteren Ende des Embryosackes hinab (Fig. 152. p. 179, Labiatae, Personatae). — Das andere, nicht zur weiteren Entfaltung kommende, Keimkörperchen verschwindet allgemach und ebenso wird auch der Fadenapparat beider allmählig aufgelöst, so daß er nur in der ersten Zeit nach erfolgter Befruchtung noch als fettglänzende Masse nachweisbar ist. Seltener kommen beide mit einander befruchtete Keimkörperchen, wenngleich meistens als abnormer Fall, zur Bildung eines vollständigen Keimes, dagegen ist bei einer Mangifera-Art und bei den Citrus-Arten überhaupt die Polyembryonie constant. Bei Citrus bilden sich nämlich zahlreiche Keimkörperchen (bis 100) nach einander und werden auch nach einander und zwar, wie es scheint, nicht direct durch den Pollenschlauch, sondern durch bewegungslose länglich runde Körperchen, welche in ihm entstanden sind, befruchtet. Die Keimkörperchen erscheinen hier nicht in der Spitze des Embryosackes allein, sondern längs der ganzen inneren Wand des letzteren befestigt. Von den zahlreichen, nach einander entstandenen und befruchteten, Keimkörperchen kommen übrigens auch bei Citrus nur wenige, 2—4, zur vollen Ausbildung.

Bald nach geschehener Befruchtung füllt sich darauf der Embryosack selbst mit einem Zellgewebe, dem Sameneiweiß (Endosperm), dessen erste Zellen bei einigen Familien (Onagrarieae, Cucurbitaceae, Coniferae) um freie Zellkerne, bei anderen (Personatae, Loranthaceae) dagegen durch Theilung des Inhaltes entstehen, dessen weitere Fortbildung aber in allen Fällen durch Theilung erfolgt. Im Sameneiweiß bilden sich darauf Reservestoffe, als Stärkmehl, Klebermehl, Oel u. s. w., welche den jungen Keim ernähren, und von ihm bis zur Reife der

Frucht entweder vollständig verzehrt werden, in welchem Falle der Same eiweißlos erscheint, oder zum Theil erhalten bleiben und bei der Keimung der jungen Pflanze zur Nahrung dienen, in welchem Falle der Same ein Eiweiß enthält. Nur in wenig Fällen (Orchideae, Canna, Strelitzia und Tropaeolum) unterbleibt diese Zellenbildung im Embryosack gänzlich. Beim eiweißhaltigen Samen liegt der Keim meistens im Innern des Sameneiweißes, seltener (bei den Gramineen) seitlich. Wenn die Zellen des Sameneiweißes dickwandig sind (hornartiges Albumen), so dient ihr Zellstoff selbst der Keimpflanze zur Nahrung.

Etwas anders verhält sich der Befruchtungsact bei den Nadelhölzern, indem hier die Pollenkörner 1. direct auf die nackte, d. h. von keinem Fruchtknoten umhüllte, Samenknospe fallen, 2. der Pollenschlauch aus einer Tochterzelle des Pollenkorns entsteht und 3. sich der Embryosack der Samenknospe schon vor der Befruchtung mit Endosperm anfüllt, in welchem einige größere, unterhalb der Kernwarze gelegene, Zellen (die Corpuscula), welche bei den Abietineen von einem epitheliumartigen Gewebe umsäumt sind, bei den übrigen Gruppen aber entweder gesellig dicht neben einander (bei den Cupressineen) oder einzeln zwischen den kleineren Zellen liegen (Taxus). In diesen Corpusculis, deren 1 (Ephedra) bis 10 und mehr vorkommen, erfolgt darauf die Befruchtung, indem sich im oberen Theile derselben durch wiederholte Theilung vier (ob immer?) kleine Tochterzellen, die Schlusfzellen des Corpusculum (Deckelrosette nach *HOFMEISTER*), bilden, welche beim Antritt des Pollenschlauches an und zwischen dieselben entweder verschwinden (Cupressineae, Taxineae) oder ihren Inhalt verlieren (Abietineae), während im Corpusculum, am Pollenschlauche hängend, eine membranlose Protoplasma-Masse erscheint, welche ich für das Product der verschwundenen oder entleerten Schlusfzellen halte, *HOFMEISTER* aber aus einer der zahlreichen Vacuolen (Scheinzellen) im Innern des Corpusculum entstehen läßt. (Während ich demnach die Schlusfzellen für die Keimkörperchen [Keimbläschen] der Coniferen halte, betrachtet *HOFMEISTER* genannte Scheinzellen, die nach ihm einen Zellkern besitzen, als solche). Die am Pollenschlauch hängende Protoplasmaugel gelangt darauf, in noch unbekannter Weise, an das entgegengesetzte Ende des Corpusculum und erhält hier eine Membran, sie theilt sich darauf zuerst über's Kreuz in 4 Theile und bildet so die untere Rosette, aus welcher bei den Abietineen durch wiederholte wagerechte Theilung ein aus 4 Schichten bestehender Körper entsteht (Fig. 154), dessen obere Schicht (*y*) bald vergeht, dessen zweite Schicht (*a*) aber als Rosette im Grunde des Corpuscu-

lum verbleibt, während die dritte Schicht (*b*) sich verlängernd das letztere verläßt und zu langen Schläuchen, den Embryonalschläuchen, auswächst, welche die vierte Schicht (*em*), aus der sich die Keimanlage bildet, in die Mitte des eigentlichen Sameneiweißes hinabführen, wo sich der Embryo weiter entwickelt (Fig. 155), und im reifen Samen

Fig. 155.

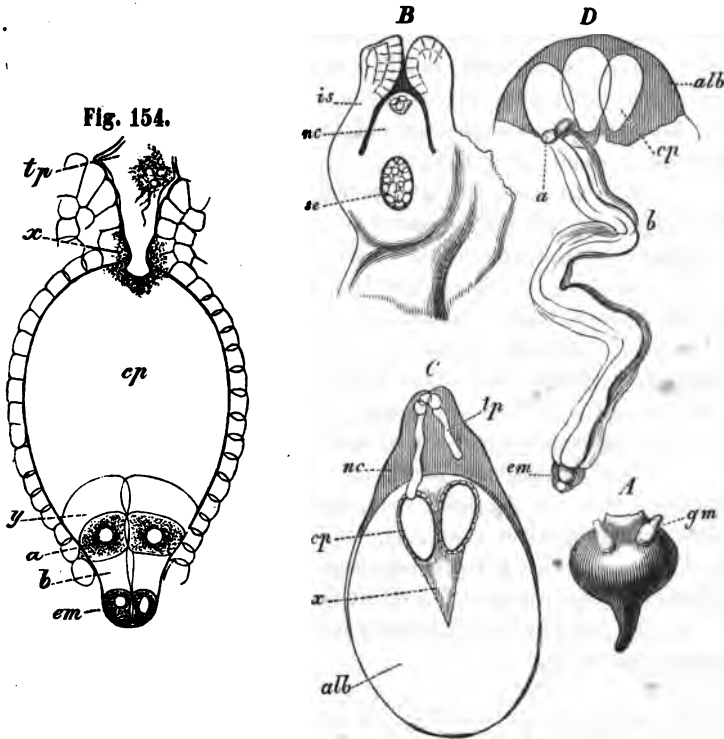


Fig. 154. Ein kürzlich befruchtetes Corpusculum von *Pinus silvestris* im Längsschnitt. *cp* Das Corpusculum, *tp* der durch die hier fast unkenntlich gewordene Schlufsellen (*x*) bis zum Corpusculum gelangte Pollenschlauch, *y* die obere Zellschicht der Keimanlage, *a* die zweite Schicht, welche die sogenannte untere Rosette bildet; *b* die dritte Schicht, aus welcher die Embryonalschläuche hervorgehn, *em* die vierte Schicht, welche den Embryo bildet (100mal vergrößert).

Fig. 155. Der Befruchtungsact bei *Pinus silvestris*. *A* Eine junge Samenschuppe, bald nach ihrem Entstehen vom weiblichen Blütenstand gelöst, die beiden Samenknospen (*gm*) sind bereits angelegt (Vergrößerung 10mal). *B* Längsschnitt durch eine Samenknospe, die schon bestäubt ist; auf der Spitze ihres Knospenkerns (*nc*) liegen Pollenkörner, *is* die einfache Knospenhülle, *se* der Embryosack, in welchem bereits eine Zellenbildung stattgefunden (Vergrößerung 35mal). Bis zum kommenden Frühjahr bleibt die Samenknospe

von Endosperm umgeben liegt, während die Embryonalschläuche vertrocknen oder vollständig verschwinden. Da nun, mit Ausnahme von Ephedra, in der Samenknospe der Coniferen und Cycadeen mehrere Corpuscula vorkommen und befruchtet werden, so bilden sich in der Regel auch mehrere Keimanlagen, von denen jedoch nur selten mehr als eine zur vollen Ausbildung gelangt. Während ferner bei den meisten Arten die Embryonalschläuche eines Corpusculum zusammen nur einen Embryo tragen, bilden sie bei *Pinus Pumilio*¹⁾ und *Storbus* deren vier, aber dennoch enthält der reife Same auch hier in der Regel nur einen ausgebildeten Keim.

Für die Befruchtungserscheinungen der Phanerogamen lassen sich nunmehr folgende Sätze festhalten:

1. Im Zeugungsact erfolgt eine materielle Vermischung des Pollenschlauchinhaltes mit der im Embryosack präexistirenden membranlosen Protoplastmakugel (Befruchtungskugel) des Keimkörperchens.

2. Die erste Zelle des neuen Organismus präexistirt nicht fertig im Embryosack, sie ist vielmehr das Resultat der Zeugung und zwar so, daß bei denjenigen Pflanzen, wo der Pollenschlauch nicht in den Embryosack dringt und deren Keimkörperchen einen Fadenapparat besitzen, nur ein Theil des Keimkörperchens (die Protoplastmakugel) durch die Befruchtung zur ersten Zelle des neuen Organismus wird.

3. Eine unmittelbare Berührung des Pollenschlauches mit dem Keimkörperchen ist durchaus nothwendig; nur bei *Citrus*, wo eine solche Berührung nicht stattfindet, wird die Begattung wahrscheinlich durch bewegungslose Befruchtungskörper vollzogen.(?) Der Inhalt des Pollenschlauches scheint in dem Inhalt der Protoplastmakugel aufzugehen.

4. Der Inhalt eines Pollenschlauches kann mehrere Keimkörperchen befruchten.

ziemlich unverändert; jetzt entstehen, mit dem Erwachen der Natur, im Zellengewebe des Keimsackes die Corpuscula. *C* giebt einen Längsschnitt durch den Knospenkern der Samenknospe im zweiten Frühjahr, die Knospenhülle ist entfernt, *nc* der Knospenkern, in dessen Gewebe Pollenschläuche (*tp*) hinabsteigen und bis zum Corpusculum (*cp*) vordringen, *alb* das Endosperm oder das Zellengewebe im Embryosack, *x* die Partie desselben, welche sich auflockert und in welche später die Embryonalschläuche hinabsteigen. *D* Der obere Theil des Eiweißes (*alb*) einer befruchteten Samenknospe im Längsschnitt (einige Wochen später), *cp* Corpusculum, *a* die Zellen der Rosette, welche im Grunde des Corpusculum bleiben, während die Embryonalschläuche (*b*) die Keimanlage (*em*) in das Innere des Endosperm hinabführen (*C. x*). Dort entwickelt sich denn auch, vom Endosperm ernährt, der Keim der Kiefer weiter (*C* und *D* 100mal vergrößert).

¹⁾ In meinem Lehrbuche (Bd. II. p. 402) ist als Schreibfehler *P. Pinaster* statt *P. Pumilio* stehen geblieben.

5. Bei den Nadelhölzern und Cycadeen erfolgt a) die Bildung des Pollenschlauches nicht direct aus der inneren Membran des Pollenkorns, sondern indirect aus einer secundären Zelle des letzteren, b) die Befruchtung nicht unmittelbar im Embryosack, sondern indirect in einer secundären Zelle desselben (im Corpusculum).

Zur völligen Uebereinstimmung mit der am vollständigsten bekannten Befruchtung der Algen fehlen also nur noch die beweglichen Befruchtungskörper im Inhalt des Pollenschlauches, welcher in seiner Wirkung denselben entspricht, während die Protoplasmakugel des Keimkörperchens der Befruchtungskugel des weiblichen Organs der Algen gleich ist und wie diese erst durch die Befruchtung zur ersten Zelle des neuen Organismus wird (p. 136). Der Embryosack aber läßt sich dem weiblichen Organe der *Vaucheria*, desgleichen der Centralzelle im Archegonium der Farnkräuter vergleichen; letzteres aber ist mit der Samenknope identisch. Das Pollenkorn endlich entspricht dem männlichen Organe der Algen und überhaupt der Antheridie der Kryptogamen, wofür die Rhizocarpeen mit kugeligen Antheridien, die in einem besonderen Behälter entstehen, der mit den Antheren der Phanerogamen verglichen werden kann (p. 145), das beste Zeugniß geben.

Im Allgemeinen ist bei den Phanerogamen die Ausbildung der Frucht und des Samens von der Befruchtung abhängig; bei mehreren Pflanzen aber (den Nadelhölzern und Cycadeen, *Carica Papaya*) bilden sich beide auch ohne stattgefundene Begattung aus, doch fehlt dem Samen dann jederzeit der Embryo. Für einige Pflanzen glaubte man sogar eine sogenannte jungfräuliche Zeugung (Parthenogenesis) annehmen zu müssen; allein die genaueren Untersuchungen der neuesten Zeit (durch REXEL) haben für die bisher angezogenen Fälle das Unhaltbare dieser Hypothese nachgewiesen, indem sich an den angeblich weiblichen Pflanzen Staubblätter mit ausgebildetem Pollen entwickelt haben. Nur bei *Coleobogyne ilicifolia* sind letztere bis jetzt noch nicht gefunden, werden aber wahrscheinlich einer länger fortgesetzten Beobachtung gleichfalls nicht entgehen.

Durch Bestäubung einer Pflanze mit dem Pollen einer anderen Art erhält man Bastarde; durch Kreuzung mit einer anderen Varietät entstehen Mischlinge. Die Bastarde haben in der Regel einen schlecht ausgebildeten Pollen und sind deshalb unter sich unfruchtbar, doch hat man in neuester Zeit auch bei ihnen einzelne Fälle einer fruchtbaren Bestäubung beobachtet (zwischen *Aegilops* und *Triticum*).

XVII. Die Frucht und der Same der Phanerogamen.

Die Frucht der Phanerogamen.

§. 82. Die Frucht (fructus) entsteht aus dem befruchteten Fruchtknoten, sie umschließt zur Zeit der Reife den ausgebildeten Samen. — Wo in der Blüthe kein Fruchtknoten vorhanden ist, da kann auch später von keiner Frucht die Rede sein (bei den Nadelhölzern und den Cycadeen). Bei *Viscum*, wo keine Samenknope als besonderes Organ auftritt und deshalb ein eigentlicher Fruchtknoten, als hohles, die Samenknope umschließendes Organ mangelt, wird das Gewebe der Blütenachse, welches den Embryosack umgibt, zur Frucht. In allen übrigen Fällen dagegen entsteht die Fruchtschale (das Pericarpium) aus der Wand der Fruchtknotenhöhle selbst, mit der sich noch andere Theile der Blüthe oder des Blütenstandes verbinden können.

Wenn eine Blüthe mehrere Fruchtknoten besitzt, so finden sich später auch eben so viele Einzelfrüchte wieder, es sei denn, daß einige derselben nicht zur Ausbildung gelangen. In einem solchen Falle erhalten wir eine zusammengesetzte Frucht (fructus compositus) (bei den Rosaceen, Magnoliaceen, Ranunculaceen). Bei *Anona* verwachsen die einzelnen Fruchtknoten später mit einander zu einem Ganzen. Die zusammengesetzte Frucht unterscheidet sich nun vom Fruchtstand (Dispositio fructuum) dadurch, daß dieser aus dem Blütenstand hervorgegangen ist und als solcher zahlreiche Einzelfrüchte trägt, deren jede einer besonderen Blüthe angehört (der Fruchtstand der Ananas, der Maulbeere und der Compositen), während die zusammengesetzte Frucht mehrere Einzelfrüchte derselben Blüthe vereinigt.

Bei der Ausbildung des Fruchtknotens zur Einzelfrucht vertrocknen in der Regel Narbe und Staubweg und verschwinden bald ganz oder theilweise; auch die übrigen Theile der Blüthe welken gleichzeitig und fallen nach ihrem Bau einzeln oder zusammenhängend vom Fruchtboden, oder bleiben vertrocknet auf demselben (*Pereskia*). Der Kelch, welcher häufig verbleibt (calyx persistens), bildet zuweilen eine eigenthümliche blasenartige Umhüllung der Frucht (*Physalis*, *Cucubalus*) oder wird fleischig und gleicht dann entweder einer Scheinbeere (*Visnea Mocanera*) oder einer Cupula (*Oreodaphne foetens*), während die ächte Cupula aus einem Discus hervorgeht. Die Frucht des Apfels, der Birne und der Granate entsteht aus einem Discus, welcher mit der Wand der einzelnen Fruchtknoten verschmolzen ist. Bei der zusammengesetzten Frucht kann auch der Fruchtboden mit von großem

Einfluß sein (bei der Erdbeere, wo derselbe fleischig wird und die kleinen holzigen Früchte trägt).

Die Umwandlung der einzelnen Fruchtknoten in eben so viele Einzelfrüchte beginnt bald nach der Bestäubung mit dem Anschwellen des Fruchtknotens, welcher nun für sich viel Nahrung verbraucht, in Folge dessen diejenigen Theile der Blüthe, welche nicht mit zur Bildung der Frucht beitragen, vertrocknen. Eine nicht bestäubte Blüthe bleibt deshalb im Allgemeinen länger frisch. — Die Veränderungen, welche darauf der Fruchtknoten bei seiner Umwandlung zur Frucht erfährt, beziehen sich 1. auf das Größerwerden, 2. auf die Ausbildungsweise seiner Zellen, welche in verschiedenen Schichten verschieden sein kann und 3. auf die chemischen Veränderungen des Inhaltes seiner Zellenschichten. Die Gestalt der Frucht, die Beschaffenheit ihres Gewebes, die Producte der Zellen und die Weise, wie der Same entlassen wird, sind Folgen dieser Veränderungen.

Die Einzelfrüchte lassen sich wieder in 3 große Gruppen theilen 1. in solche, welche sich in bestimmter Weise öffnen und ihre Samen entlassen, Kapselfrüchte (Capsulae), 2. in andere, welche sich nicht öffnen, aber in einzelne Stücke zerfallen, ohne daß der Same entlassen wird: Spaltfrüchte (Schizocarpia) und 3. in solche, welche weder aufspringen noch in Theile zerfallen: Beeren, Steinbeeren und Schließfrüchte (Baccæ, Drupæ, Achenia).

Bei den Kapselfrüchten kann die Weise des Aufspringens verschieden sein, dieselben können an der Spitze mit eben so vielen Löchern oder Spalten aufspringen als Fächer vorhanden sind (Papaver, Hyoscyamus); sie können sich ferner mit Längsspalten öffnen (bei den Orchideen), oder mit so viel Klappen aufspringen, als Fruchtfächer vorhanden sind. In diesem Falle unterscheidet man 3 Arten des Aufspringens als I. *Dehiscencia septifraga* (Cobaea, Gossypium), II. *D. septicida* (Colchicum, Aristolochia), III. *D. loculicida* (Iris, Tulipa) (Fig. 156). Außerdem giebt es noch einfächerige Kapseln, welche im Umkreis mit einer Cirkellinie aufspringen (Anagallis). Die Art des Aufspringens der Kapselfrüchte kann



Fig. 156. Das Aufspringen der Kapselfrüchte schematisch. I Mit Klappen, welche sich von der stehen bleibenden Scheidewand ablösen. II Mit gespaltenen Scheidewänden. III Mit Scheidewänden, welche ungetheilt mit der Mitte der Klappe verbunden sind.

demnach nicht immer als ein Zerfallen der reifen Frucht in ihre ursprünglichen Theilen gedeutet werden.

Bei der Spaltfrucht unterscheidet man nach der Theilungsrichtung die Theile als Cocci oder Mericarpia, wenn sie durch Längstheilung entstanden sind (Malvaceae, Borragineae, Labiatae, Umbelliferae, Geraniaceae, Tropaeolum, Acer), von den Articulis, welche durch Quertheilung gebildet wurden (Raphanus, Hippocrepis). Bei der Kapsel- und Spaltfrucht ist die Wand zur Zeit der Reife entweder trocken oder holzig; bei der Beerenfrucht muß man dagegen nach der Ausbildungsweise der Fruchtwand mehrere Arten unterscheiden.

Bei der eigentlichen Beere (Bacca) wird das ganze Gewebe der Fruchtknotenwand saftig oder fleischig und nur eine feste Oberhaut umkleidet als Schale die Frucht (Ribes, Atropa, Sambucus, Vitis, Einzelfrucht von Rubus, Pyrus, Musa sapientum, Cucumis, Opuntia). Bei den Früchten der Citrus-Arten entsteht das saftige Gewebe aus zahllosen saftig werdenden, aus kleinen Zellen bestehenden, Fortsätzen, welche vom inneren Rande der Fruchtknotenwand in die Fächer hineinwachsen. — Bei der Steinbeere (Drupà) dagegen wird nur der äußere Theil der Fruchtknotenwandung saftig oder fleischig, ihn umgibt eine feste Oberhaut, während der innere Theil der Fruchtwand verholzt (Prunus, Amygdalus, Mangifera, Juglans). — Bei der Schließfrucht (Achenium, Careopsis) endlich wird die ganze Fruchtwand holzig oder trocken (Gramineae, Cyperaceae, Compositae). — Die Beerenfrüchte können sämmtlich mehrsamig vorkommen; für dieselben hat man drei Schichten des Gewebes, als äußere Fruchthülle (Epicarpium), mittlere (Endocarpium) und innere Fruchthülle (Exocarpium), unterschieden, was jedoch nur für die Steinbeere Geltung hat.

Die Zahl der Fruchtknotenfächer bestimmt nicht immer auch die Zahl der Fruchtfächer, da häufig und bei vielen Pflanzen gesetzmäßig nur ein Same zur Ausbildung kommt, während mehrere Samenknospen vorhanden waren, in welchem Falle jedoch meistens die Ueberreste der verkümmerten Fruchtfächer und Samenknospen noch erkennbar sind (Quercus, Fagus, Manglesia).

Im Fruchtfleisch der saftigen Früchte, das aus Parenchym besteht, finden sich verschiedene Kohlenhydrate (Stärkmehl, Gummi, Zucker), desgleichen organische Säuren, fette und ätherische Oele. Der Zucker und die ätherischen Oele bilden sich meistens erst gegen die Zeit des Reifens, die Pflanzensäuren dagegen vermindern sich um dieselbe Zeit, aus dem Fruchtfleisch der reifen Früchte ist das Stärkmehl meistens verschwunden (Apfel, Banane). Dabei treten die Zellen gar häufig aus ihrem Verband zu einander, wodurch sie bei Mangel an Saft

zwischen den getrennten Zellen der Zunge als mehlig erscheinen. Das Reifen der Früchte ist ein rein chemischer Process.

Der Same der Phanerogamen.

§. 83. Der Same der Phanerogamen entsteht aus der befruchteten Samenknospe, weshalb zur richtigen Beurtheilung desselben eine genaue Bekanntschaft mit der letzteren nothwendig ist.

Bei allen Pflanzen, die einen Fruchtknoten besitzen, entwickelt sich die Samenknospe und also auch der Same im Innern desselben, bei den Nadelhölzern und Cycadeen dagegen bildet er sich entweder auf einer offenen Samenschuppe (bei den Abietineen), oder frei in der Achsel eines Blattes (bei Podocarpus und den Cupressineen) oder am Ende eines Zweiges (Taxus). Der Zapfen der Nadelhölzer und der Cycadeen ist ein Samenstand.

Für den Samen hat man dreierlei zu beachten: 1. die Samenschale (Testa), welche aus den Knospenhüllen, wenn solche vorhanden waren, und aus dem Knospenkern entstehen kann; 2. das Sameneiweiß, welches als Endosperm ein Ueberrest des im Embryosack entstandenen Gewebes, als Perisperm aber ein Ueberrest des Knospenkerns ist; und 3. den Keim (Embryo), welcher aus einem befruchteten Keimkörperchen hervorgegangen ist.

Ueber den Ursprung der Samenschale aus einem oder aus zwei Integumenten u. s. w. kann nur die Entwicklungsgeschichte Auskunft geben, auch ist es für die beschreibende Botanik ziemlich gleichgültig, wie sie entstanden ist; wichtiger ist es dagegen, die Ausbildungsweise ihrer Zellschichten zu beachten. So wird das einfache Integument der Nadelhölzer in dem einen Falle häutig (*Abies pectinata*), in dem anderen aber gleich einer Beere zum Theil saftig (*Salisburia* und *Cycas*); bei *Taxus* wird wieder der Arillus saftig (Fig. 148. p. 175) und bei *Podocarpus* schwillt das Stengelglied, welches die Samenknospen trägt, zur fleischigen Scheinfrucht an (Fig. 149. p. 176) u. s. w. Aehnliche Verschiedenheiten zeigt auch die Samenschale der von einem Fruchtknoten umschlossenen Samen, indem bei *Passiflora* und *Punica* die äußeren Schichten saftig werden, bei *Opuntia* aber das saftige Gewebe des langen Funiculus das Fruchtfleisch bildet. Desgleichen entwickelt die Oberhaut der Samenschale bei den *Gossypium*-Arten lange Haarzellen, die wir als Baumwolle kennen u. s. w. Eine Primine u. s. w. bis zur Quintine, als besondere Hüllen des Samens, braucht man nicht mehr zu unterscheiden, wohl aber sind, wenn sich mehrere Häute im Samen von einander trennen lassen, diese

als erste, zweite u. s. w. Haut des Samens mit ihren Eigenschaften zu bezeichnen, obschon ihr Ursprung verschiedener Art sein kann.

Für das Sameneiweiß hat man zuerst dessen Vorkommen oder Fehlen im reifen Samen zu beachten und demnach eiweißhaltige und eiweißlose Samen zu unterscheiden (p. 182). Im Falle des Vorkommens ist alsdann die Beschaffenheit seiner Zellen und deren Inhalt zu berücksichtigen. Das sogenannte hornartige Endosperm mit verdickten Wandungen führt selten oder niemals Stärkmehl, sein Inhalt ist dagegen reich an Proteinverbindungen; das dünnwandige Sameneiweiß enthält umgekehrt in der Regel Stärkmehl oder Klebermehl, desgleichen fettes Oel, auch wohl beide neben einander; die äußere Zellenreihe des Sameneiweißes ist überdies häufig anders gebaut und mit anderem Inhalt versehen, als das übrige Gewebe desselben (bei den Getreide-Arten, wo die äußere Zellenreihe reich an Proteinverbindungen ist, aber kein Stärkmehl enthält). Das Endosperm ist das Nahrungsgewebe für den Keim, sein Vorkommen oder Fehlen richtet sich danach, ob der letztere dasselbe bis zur Ausbildung des reifen Samens nur theilweise oder vollständig verzehrt hat (p. 182), so daß im ersten Falle der Rest desselben ihm noch bei der Keimung zu Gute kommt. Bei *Canna* und *Strelitzia* wird das Endosperm durch Perisperm ersetzt, bei den *Nymphaeaceen* aber ist ein doppeltes Sameneiweiß, Endosperm und Perisperm, vorhanden. Das hornartige Sameneiweiß wird bei der Keimung ganz verzehrt, das dünnwandige verliert dagegen in der Regel nur seinen Inhalt. Bei *Amaryllis longiflora* vertritt (nach *Hornmister*) das fleischig gewordene Integument die Stelle des Sameneiweißes (Fig. 69. p. 91)¹⁾.

Der Keim der Phanerogamen.

§. 84. Der Keim oder Embryo im reifen Samen ist aus der unteren Tochterzelle der befruchteten Protoplastmakugel des Keimkörpers entstanden (p. 181), ihn ernährt das Sameneiweiß oder, wenn solches fehlt, der Inhalt des in diesem seltenen Falle (p. 182) als einfache Zelle verbleibenden Embryosackes. Vollkommen ausgebildet liegt der Keim entweder frei, nur von der Samenschale umhüllt, bei den eiweißlosen Samen, oder in ein Endosperm oder Perisperm eingebettet, bei den eiweißhaltigen Samen.

Der Keim der unvollkommensten Art, eine aus verhältnißmäßig wenigen und, wie es scheint, gleichwerthigen Zellen bestehende

¹⁾ Da mir die Entwicklungsgeschichte der Samenknope von *Amaryllis* fehlte, so habe ich (Anatomie und Physiologie Bd. II. p. 25) dieses Gewebe als Endosperm angesprochen.

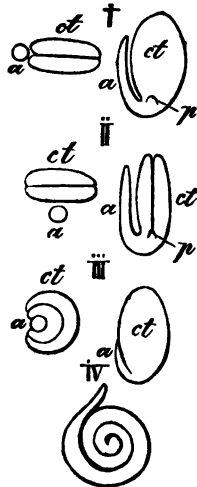
Kugel (bei den Orchideen, Monotropeen, Pyrolaceen, Orobancheen, Rafflesiaceen, Balanophoreen und Hydnora), ist gewissermaßen als die erste Bildungsstufe der Keimachse zu betrachten; Stamm und Wurzelende differenciren sich hier erst im Verlauf der Keimung, während der monocotyledone Keim eine Stammknospe (Plumula) mit einem Keimblatte (Cotyledon) und ein noch unentwickeltes Wurzelende besitzt, das selbst niemals zur Wurzel wird (Fig. 69. p. 91), in dessen Gewebe aber schon vor oder während der Keimung eine oder mehrere Nebenwurzeln entstehen, bis der dicotyledone Keim als die entwickeltste Form mit einer Stammknospe (Plumula), von zwei oder mehreren Keimblättern umfaßt, und einer Wurzelknospe, die bei der Keimung selbst zur Pfahlwurzel auswächst, erscheint. Die Radicula oder das Wurzelende des Keimes ist danach bei den Monocotyledonen und Dicotyledonen wesentlich verschieden; bei den ersteren besteht sie aus parenchymatischem Gewebe, bei den letzteren dagegen aus der Wurzelhaube und dem von ihr bedeckten Vegetationskegel der Pfahlwurzel (Fig. 59. p. 83), in allen Fällen aber liegt das Wurzelende der Peripherie des Embryosackes und deshalb im normalen Falle dem Knospenmunde zugewendet.

Beim Keim der Monocotyledonen gehen Stamm und Wurzel nicht direct in einander über, ein aus Urparenchym bestehendes Gewebe, das Keimlager, von welchem Cambiumstränge in die meistens schon entwickelten Samenlappen verlaufen, trennt dieselben, überdies erhebt sich der Stamm erst bei der Keimung. Beim Keim der Dicotyledonen dagegen gehen Stamm und Wurzel in einander über und bilden zusammen die cylindrische Keimachse, welche durch den Cambiumring der Cambiumstränge in die Samenlappen schickt, schon zeitig in Mark und Rinde differencirt wird, ja in einigen Fällen schon frühe Gefäßbündel mit Gefäßzellen besitzt (*Quercus*, *Castanea*, *Viscum*). Die Keimachse kann nun im Verhältniß zu den Samenlappen lang oder kurz u. s. w. ausfallen (Fig. 137. p. 161 u. Fig. 67. p. 89), desgleichen kann die Gestalt und Ausbildung der letzteren sehr verschieden sein (p. 105).

Nach dem Bau der Samenknospe richtet sich auch die Lage des Keimes im Samen, indem bei einer geradläufigen Samenknospe (Fig. 147. p. 175) das Wurzelende des Keimes dem Befestigungspunkte gegenüber (Embryo antitropus, auch *E. cum radicula supera*), bei einer gegenläufigen Samenknospe (Fig. 146. p. 174) aber neben dem Anheftungspunkte liegt (*E. orthotropus*, s. *E. cum radicula hilum spectante*) und bei einer gekrümmten Samenknospe (Fig. 150. p. 176) auch der Keim gekrümmt erscheint (*E. curvatus*) u. s. w. Immer ist das Wurzelende nach dem Knospenmund gerichtet, wovon nur wenige Pflanzen mit

constanter Polyembryonie (p. 181) ausgenommen sind. Die Lage der Keimblätter zur Achse des Embryo kann weiter verschieden sein, wofür die

Fig. 157.



Unterabtheilungen der Cruciferen das beste Beispiel liefern (Fig. 157). — Im eiweißhaltigen Samen liegt der Keim meistens im Centro des Sameneiweißes, bei den Gramineen dagegen seitlich als Schildchen oder Scutellum. Endlich können die Samenlappen, wie die Blätter in der Knospenlage (p. 114), in verschiedener Weise, flach neben einander, oder zusammengefoldet und gar zerknittert (*Fagus*, *Adansonia*) u. s. w. erscheinen. Der Bau des Samenlappens ist nun weiter nach seinem späteren Verhalten bei der Keimung verschieden gebaut (p. 105). Der einzige Samenlappen der Monocotyledonen bildet in der Regel den größeren Theil des Keimes; bei den Cycadeen entstehen zwei Samenlappen, welche später im oberen Theil mit einander verwachsen; nur den Abietineen sind 4–10 Keimblätter eigen.

Die Producte der Parenchymzellen des Keimes sind in der Regel von dem Inhalt des Sameneiweißes verschieden, so daß der Embryo oftmals gar kein Stärkmehl besitzt, wenn das Endosperm mit selbigem angefüllt ist u. s. w.

Die Blüthe und Frucht der Coniferen und Amentaceen nach ihrer Entwicklungsgeschichte.

§. 85. Die Coniferen und Cycadeen sind charakterisirt 1. durch das Fehlen des Fruchtknotens in der weiblichen Blüthe (p. 163), 2. durch das Vorkommen der Corpuscula im Sameneiweiß (p. 182) und 3. durch das Verhalten des Blüthenstaubes bei der Befruchtung (p. 171), indem ihr Pollenschlauch aus einer Tochterzelle des Pollenkorns entsteht. — Sie besitzen eiweißhaltige Samen.

Die 5 Gruppen der Nadelhölzer unterscheiden sich weiter:

Die Abietineen. Der Zapfen mit Deckblättern und Samenschuppen, an jeder Samenschuppe zwei geflügelte, gegenläufige

Fig. 157. Die Lage des Keimes im Samen der Cruciferen, schematisch dargestellt, und zwar so, wie dieselbe von der Seite gesehen und im Querschnitt erscheint. *a* Die Achse des Embryo, *ct* Samenlappen, *p* die Plumula. I *Pleurorhizeae* (*Cheiranthus*, *Nasturtium*, *Arabis*, *Cardamine*, *Alyssum*, *Draba*, *Cochlearia*, *Tlapsi*, *Iberis*). II *Notorhizeae* (*Hesperis*, *Sisymbrium*, *Erysimum*, *Camelina*, *Capsella*, *Lepidium*, *Isatis*). III *Orthoplozeae* (*Sinapis*, *Brassica*, *Diploaxis*, *Crambe*, *Raphanus*). IV *Spirolobeae* (*Bunias*).

Samenknospen, deren Knospenmund am Grunde der Samenschuppe liegt und die sich später ablösen. — Ferner im Sameneiweifs 2—5 Corpuscula, mit einer besonderen Zellenumkleidung. — Der Keim des reifen Samens mit 4—12 Samenlappen versehen, während in den anderen Gruppen der Nadelhölzer nur 2 Samenlappen vorkommen. — Die männliche Blüthe der Abietineen mit 2 fächerigen Staubblättern; im Pollenkorn bildet sich ein Zellenkörper, dessen Endzelle zum Pollenschlauch wird (*Abies*, *Picea*, *Larix*, *Pinus*).

Araucaria. Der Zapfen ohne Deckblätter, mit Samenschuppen, welche nur eine, sich nicht von der Schuppe lösende, Samenknospe bilden, deren Knospenmund am Grunde der Samenschuppe liegt. Die zahlreichen Corpuscula in einen Kreis gestellt unterhalb der Spitze des Sameneiweifs. Die Staubblätter der männlichen Blüthe mit vielen langgestreckten Pollensäcken. Der Pollen kugelig. Der Keim mit zwei Samenlappen, welche die Samenschale beim Keimen nicht verlassen. Einjährige Samenreife (*Araucaria*).

Die Cupressineen. Der Zapfen mit Deckblättern aber ohne Samenschuppen, die nackten geradläufigen Samenknospen frei, mit aufwärts gerichtetem Knospenmund. Zahlreiche Corpuscula, als Zellennest dicht neben einander im Sameneiweifs. Die Staubblätter der männlichen Blüthe, wie bei den Cycadeen, mit kugeligen Pollensäcken; das kugelige Pollenkorn bildet 2 Tochterzellen, deren grössere zum Pollenschlauch wird. Der Keim mit 2 Samenlappen (*Cupressus*, *Thuja*, *Juniperus*).

Die Taxineen. Statt des Zapfens einzelne freie Samenknospen auf einem besonderen ein- oder mehrsamigen Samenzweige. 2 bis 10 Corpuscula, denen zwar eine besondere Zellenumkleidung, wie bei den Abietineen, fehlt, die aber nicht, wie die Cupressineen, als Zellennest dicht neben einander liegen. Die Samenknospen entweder geradläufig (*Taxus*, *Salisburia*) oder gegenläufig (*Podocarpus*). Die männliche Blüthe und der Blüthenstaub entweder wie bei den Abietineen (*Podocarpus*), oder wie bei den Cupressineen (*Taxus*). Der Keim mit 2 Samenlappen. Die Nadelform der Blätter geht in dieser Gruppe vielfach in die Flächenform hinüber (*Podocarpus*, *Salisburia*, *Damara*).

Die Gnetaceen. Während bei allen anderen Gruppen der Nadelhölzer die männlichen und die weiblichen Blüthen zum wenigsten auf besonderen Zweigen, ja sehr häufig auf verschiedenen Stämmen erscheinen, sind sie hier meistens in einen Blüthenstand vereinigt; die männlichen Blüthen stehen am unteren Theil, die weiblichen an der Spitze des Blüthenstandes. Die weibliche Blüthe als aufrechte Samenknospe von einer Blüthenhülle umgeben; die männliche Blüthe als Stämmchen, welches mehrere ungestielte, zweifächerige Antheren trägt,

gleichfalls von einer Blüthenhülle umschlossen. Im Sameneiweiße nur ein einziges Corpusculum (Ephedra). Der Keim mit 2 Samenlappen und eigenthümlicher Keimung (Fig. 79 IV. p. 105). — Während allen anderen Nadelhölzern ein Holz ohne Gefäßzellen zukommt, besitzen die Gnetaceen ein Holz mit Gefäßzellen.

Die Cycadeen schliessen sich, soweit ich dieselben zu untersuchen Gelegenheit hatte, durch *Zamia* am nächsten an die Cupressineen an, denn selbige besitzt einen Zapfen ohne Samenschuppen und Staubblätter mit Pollensäcken; ihr Keim hat gleichfalls zwei Samenlappen, die aber an ihrer Spitze mit einander verwachsen sind und beim Keimen im Sameneiweiße verbleiben, während dieselben bei allen Nadelhölzern (*Araucaria* ausgenommen) als grüne Keimblätter hervortreten. *Cycas* dagegen hat einen Samenstand, der einem gefiederten Blatte entspricht, und als solcher bei den Coniferen nicht vertreten ist. Die Cycadeen haben zusammengesetzte Blätter. Der Bau ihres Holzes, dem die Gefäßzellen fehlen, entspricht den Nadelhölzern. Sie haben einjährige Samenreife, während *Pinus* und *Juniperus* 2 bis 3 jährige Samenreife besitzen.

Die Amentaceen sind charakterisirt 1. durch Blüthen getrennten Geschlechtes, 2. durch einen ährenförmigen hängenden Blüthenstand (Amentum) der männlichen und bei vielen Arten auch der weiblichen Blüthe 3. durch das einfache oder ganz fehlende Perigon und 4. durch den eiweißlosen Samen.

Die wahren Cupuliferen oder Fagineen haben in der weiblichen Blüthe eine ächte Cupula, ein Perigon unter den Narben und einen unterständigen Fruchtknoten mit wandständigen Samenträgern, welche sämmtlich fruchtbar sind und anatrophe Samenknospen mit 2 Integumenten entwickeln. Die männliche Blüthe, mit einem Perigon, hat Staubfäden mit ungetheiltem Filament (*Quercus*, *Fagus*, *Castanea*; *Juglans* bildet eine eigene Gruppe) (Lehrbuch II. p. 440).

Die falschen Cupuliferen oder Carpineen haben in der weiblichen Blüthe statt einer Cupula eine blätterartige Hülle, ein Perigon unter den beiden Narben, einen unterständigen Fruchtknoten mit 2 wandständigen Samenträgern, von denen nur einer fruchtbar ist und anatrophe Samenknospen mit einem Integumente. Die männliche Blüthe, ohne Perigon, besitzt Antheren mit getheiltem Filament und einem Haarschopf auf dem Scheitel jeder Staubbeutelhälfte (*Carpinus*, *Corylus*).

Die Betulineen, deren weibliche Blüthe, ohne wahre und falsche Cupula und ohne Perigon, einen Fruchtknoten mit zwei Narben und zwei wandständigen Samenträgern besitzt, von denen nur

einer fruchtbar ist und anatrophe Samenknospen mit einem Integument entwickelt. Die männliche Blüthe mit einem Perigon, das Filament der Anthere getheilt, die Staubbeutel ohne Haarschopf (*Betula* und *Alnus*).

Die Salicinen, deren weibliche Blüthe aus einem Fruchtknoten mit zwei Narben besteht, der häufig von einem napfförmigen Discus umfaßt wird und an zwei wandständigen fruchtbaren Samenträgern zahlreiche Samenknospen bildet, während die männliche Blüthe, gleichfalls ohne Perigon, aus 2—5 Staubfäden mit ungetheiltem Filament besteht, welche häufig von einem napfförmigen Discus umfaßt werden (*Salix* und *Populus*).

XVIII. Die Vermehrung der Phanerogamen.

§. 86. Auch den phanerogamen Gewächsen ist, wie den kryptogamen Pflanzen, eine geschlechtliche und eine ungeschlechtliche Vermehrung eigen; wo die Eine vorherrscht, tritt die andere zurück. Die geschlechtliche Vermehrung erfolgt durch den Keim, der aus dem befruchteten Keimkörperchen entstanden ist, die ungeschlechtliche Vermehrung dagegen geschieht durch Knospen oder durch Theile der Pflanze, die solche tragen oder an denen sich selbige bilden können. Durch die geschlechtliche Vermehrung wird nur die Art, durch die ungeschlechtliche dagegen auch die Sorte erhalten.

a) Die Fortpflanzung durch den Keim.

(Geschlechtliche Vermehrung.)

Zum Keimen der Samen ist ein gewisser Grad der Wärme und der Feuchtigkeit nothwendig; frischer Same keimt im Allgemeinen sicherer und schneller als älterer Same, welcher bei vielen Pflanzen nicht mehr zur Keimung gelangt (*Coffea*, *Laurus*). Einige Samen keimen, sobald sie in die günstigen Verhältnisse gebracht werden, andere dagegen liegen längere Zeit im Boden; sie bedürfen einer Nachreife.

Die Keimpflanze nimmt zuerst ihre Nahrung aus dem Samen allein und zwar, wenn ein Sameneiweiß vorhanden, aus demselben, im anderen Falle aber aus sich selbst durch die in ihren Samenlappen angehäuften Reservestoffe. Nach der Beschaffenheit des Samens und des von ihm umschlossenen Keimes kann man nun zunächst eine Keimung mit Samenlappen über der Erde, wobei die Samenschale abgestreift wird und eine andere mit im Samen verbleibenden

Keimblättern unterscheiden, dann aber weiter 4 typisch verschiedene Formen der Keimung annehmen, nämlich¹⁾:

1. Ein Keimen des Embryo mit unvollkommener Achse (p. 190):
 - a) im eiweißhaltigen Samen (Monotropa, Orobanche, Rafflesia, Balanophora),
 - b) im eiweißlosen Samen (Orchideae).
2. Eine Keimung des monocotyledonen Embryo (p. 191):
 - a) im Samen mit Endosperm (Gramineae, Palmae) (Fig. 95 p. 123 u. Fig. 158).
 - b) im Samen mit Perisperm (Canna, Strelitzia, Potamogeton). (In beiden Fällen verläßt der einzige Samenlappen den Samen nicht.) (Fig. 69. p. 91.)
3. Ein Keimen des dicotyledonen Embryo mit im Samen verbleibenden Samenlappen:
 - a) im eiweißhaltigen Samen (Araucaria, Cycadeae) (Fig. 66. p. 89), Nymphaeaceae mit doppeltem Sameneiweiß.
 - b) im eiweißlosen Samen (Quercus, Castanea, Juglans, Aesculus, Laurus, Eryobotrya).
4. Eine Keimung des dicotyledonen Embryo mit Samenlappen über der Erde.
 - a) im eiweißhaltigen Samen (Tilia [Fig. 80 i. p. 105], Polygoneae, Coniferae); hier tritt der Samenlappen erst hervor, nachdem das Sameneiweiß verzehrt ist (Fig. 79. p. 105).
 - b) im eiweißlosen Samen (Fagus, Betula, Acer, Ulmus (Fig. 80 ii u. iii. p. 105), Opuntia (Fig. 67. p. 89).

Nach der Function des Samenlappens ist auch der Bau desselben verschieden (p. 105). Bei den Dicotyledonen tritt die Pfahlwurzel des Keimes immer zuerst aus der Samenschale hervor und sucht den Boden, die Samenlappen aber vertrocknen oder fallen ab, sobald die Keimpflanze ihrer nicht mehr bedarf. Bei der Eiche und bei den Laurineen dauern sie bis zum zweiten Jahre. Cyclamen keimt mit einem einzigen Keimblatte, das sich ganz so wie die nachherigen Blätter der jungen Pflanze verhält; bei den Euphorbiaceen erscheinen die Milchsaftgefäße schon in den ersten Stadien der keimenden Pflanze.

b) Die Fortpflanzung durch Knospen.

Ungeschlechtliche Vermehrung.

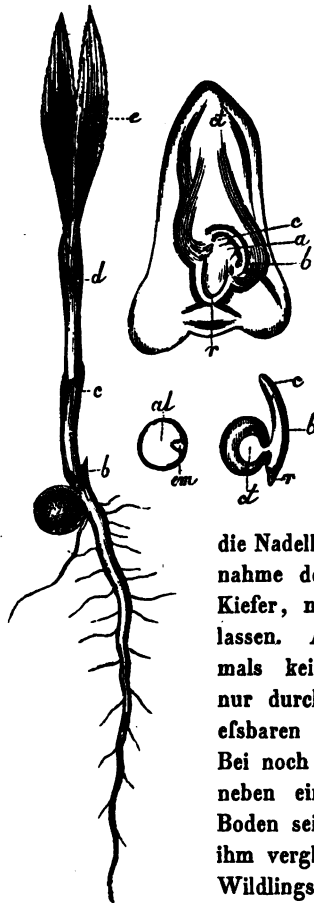
§. 87. Bei der Vermehrung durch Knospen kann man unterscheiden:

¹⁾ Für die specielle Ausführung der einzelnen Fälle verweise ich auf den betreffenden Paragraphen meines Lehrbuches.

1. Knospen, welche sich als solche von der Mutterpflanze ablösen und für sich zu einer neuen selbstständigen Pflanze werden (Brutknospen der Zwiebeln, der *Dentaria* [Fig. 65. p. 88] u. s. w.).

2. Solche, die am Stamm entstehen und mit der Mutterpflanze längere oder kürzere Zeit in Verbindung bleibend, einen neuen Stamm bilden, der später selbstständig werden kann (Stockausschlag z. B. bei der Eiche und den Lorbeerarten. Die Bildung des Blüthenschaftes vieler Orchideen aus der Achselknospe des Rhizoms).

Fig. 158.



3. Knospen, die an der Wurzel entstehen und, mit ihr längere oder kürzere Zeit in Verbindung, einen neuen Stamm erzeugen, der gleichfalls später selbstständig werden kann (Wurzel-
ausschlag, z. B. bei *Populus tremula*, auch die Bildung des Blüthenschaftes der *Monotropa* aus einer Nebenknospe am Cambiumring der Wurzel).

Im Allgemeinen darf man wohl annehmen, daß alle Gewächse, welche leicht Nebenknospen erzeugen, sich auch durch Stock- oder Wurzel-
ausschlag vermehren können, wogegen die Nadelhölzer, denen diese Eigenschaft, mit Ausnahme der nordamerikanischen und canarischen Kiefer, mangelt, sich nur aus Samen erziehen lassen. Andere Gewächse dagegen, welche niemals keimfähige Samen bringen, lassen sich nur durch Knospen vermehren (die Banane mit essbaren Früchten, ferner *Furcroya gigantea*). Bei noch anderen finden beide Vermehrungsweisen neben einander statt. Der Steckling macht im Boden seine eigenen Wurzeln, das Pfropfreis aber, ihm vergleichbar, erhält durch die Wurzeln des Wildlings seine Nahrung.

Fig. 158. Der runde Same der *Chamaedorea* durchschnitten vor und im Beginn der Keimung, desgleichen ein Längsschnitt durch die Mitte des Keimes vor der Keimung (25 mal vergrößert), endlich eine Keimpflanze, welche bereits das vierte Blatt (e) entfaltet hat, a der Vegetationskegel der Stammknospe, b das erste, c das zweite, d das dritte, e das vierte Blatt, al das Sameneiweiß, ct der Samenlappen, em der Keim, r die erste Wurzel.

XIX. Die Lebenserscheinungen der Gewächse.

Die Bewegungserscheinungen im Pflanzenreich.

§. 88. Die Bewegungserscheinungen im Pflanzenreiche sind sowohl nach der Weise ihres Auftretens als auch nach ihrer Ursache verschieden, allein es ist bis jetzt in vielen Fällen nicht gelungen, die letztere mit der nöthigen Schärfe zu bestimmen und aus ihren Erfolgen nachzuweisen. Man kann 6 Arten derselben unterscheiden.

1. Eine scheinbar willkürliche, mit einer Ortsveränderung des ganzen Organismus verbundene Bewegung, welche den Schwärmsporen der Algen (p. 138) und den aus einer Zelle bestehenden, sich langsam fortbewegenden Diatomeen, desgleichen den Schwärmfäden der Kryptogamen (p. 131) eigen ist u. s. w. und deren Ursachen noch gänzlich unbekannt sind. Bei den Diatomeen scheinen sogar Bewegungsorgane zu fehlen.

2. Die Ausdehnung eines Pflanzentheiles nach einer oder nach mehreren Richtungen des Raumes, welche wir als Wachstum bezeichnen und durch Bildung neuer Zellen an bestimmten Orten, oder durch Ausdehnung schon vorhandener Zellen nach bestimmten Richtungen (bei dem Fruchtsiel der Lebermoose) oder durch beide Factoren gleichzeitig erklären und wohin das Längen- und Dickenwachsthum des Stammes und der Wurzel, desgleichen das Wachsthum der Blätter, Blüthen u. s. w. zu rechnen ist.

3. Veränderungen in der Gestalt und im Zusammenhange eines Pflanzentheiles durch Zusammenziehung nach einer bestimmten Richtung als Folge des Austrocknens, wohin das Aufspringen der Kapsel-früchte, desgleichen das Aufspringen der Antheren u. s. w. gehört.

4. Veränderungen in der Stellung der Pflanzentheile, durch den Einfluß des Lichtes hervorgerufen, wohin die Drehungserscheinungen nach der Quelle des Lichtes, zugleich aber auch die mit dem Wechsel des Tages und der Nacht in Verbindung stehenden periodischen Erscheinungen des sogenannten Wachens und Schlafens der Pflanzen gehören (bei Oxalis, Phaseolus und einigen Acacia-Arten).

5. Veränderungen in der Stellung eines Pflanzentheiles, welche plötzlich durch äußere mechanische Einflüsse veranlaßt werden, wohin die Bewegungen der sogenannten Sinnespflanzen (*Mimosa pudica*) zu rechnen sind.

6. Aenderungen in der Stellung eines Pflanzentheiles, welche aus sich selbst, aber nur zu einer bestimmten Zeit, unabhängig von äußeren Einflüssen eintreten, wohin die Bewegungen der zur Befruchtung thätigen Organe (der Staubfäden von *Berberis* und *Parnassia*, der Narben von *Martinia*, *Torenia*) u. s. w. gehören.

Die Bewegungserscheinungen insgesamt sind vom inneren Bau und namentlich von der physikalischen Beschaffenheit der Zellen, desgleichen vom chemischen Proceß im Innern derselben abhängig. Mit Hülfe dieser Factoren lassen sich denn auch viele Bewegungserscheinungen, z. B. das Aufspringen der Früchte u. s. w. erklären, dagegen hat die Wissenschaft für die Vorgänge der scheinbar willkürlichen Bewegung und der Reizbarkeit bis jetzt noch keine ausreichende Erklärung gefunden. — Die Sinnespflanzen, sowie diejenigen, welche für ihre grünen Blätter eine Schlafbewegung zeigen, sind mit polsterartigen Blattgelenken versehen, durch welche ein Heben und Senken des Blattes, vermittelt wechselnder Abnahme und Zunahme der Turgescenz in sich gegenüberliegenden Theilen eines parenchymatischen Gewebes zu Stande kommt, welches von einer engen aber starken Oberhaut umschlossen, die Gefäßbündel umgiebt und das Gelenkpolster bildet; die Fortpflanzung des Reizes aber scheint im Gefäßbündel zu erfolgen. Berührung, plötzlicher Temperaturwechsel, Betäubung durch Aether und Chlorophorm und der Einfluß des Inductionsstromes wirken auf die Sinnespflanze (*Mimosa pudica*) in ähnlicher Weise; eine mehrfache Reizung macht die Pflanze für eine Zeit lang unempfindlich; eine bis zu einem gewissen Grad erhöhte Temperatur vermehrt die Reizbarkeit. Da die Pflanze weder Muskeln noch Nerven hat, welche im Thierreich die Bewegungen vermitteln, so müssen auch die letztgenannten Erscheinungen der Gewächse durch das Zellenleben und zwar zunächst durch den chemischen Proceß und die Diösmose ihre Erklärung finden.

Die Pflanzenkrankheiten und deren Ursachen.

§. 89. Die Krankheiten der Pflanze sind Störungen oder Unregelmäßigkeiten im normalen Lebensgange der Gewächse, sie können, wie ihre Ursachen, örtlicher oder allgemeiner Natur sein und sowohl nach den letzteren, als auch nach der Art der Pflanze, in verschiedener Weise in die Erscheinung treten.

Der ursprüngliche Grund sämtlicher Pflanzenkrankheiten ist wohl immer in äußeren Ursachen zu suchen; selbst die Entartungen der Culturpflanzen sind Veränderungen durch Umstände hervorgerufen, welche dem normalen Gedeihen der Pflanze ungünstig waren. Alle

Nutzpflanzen sind, wenn sie durch die Cultur in irgend einer Weise verändert wurden, schon principiell entartet und diese Entartung vermehrt sich mit der Dauer der abnormen Verhältnisse. Die wilde Pflanze dagegen entartet niemals.

Die localen Krankheiten können nun durch Schmarotzerpflanzen, desgleichen durch Thiere, welche bestimmte Theile derselben zur Nahrung oder zum Brütteplatz für ihre Eier wählen, oder durch andere zufällige Beschädigungen u. s. w. hervorgerufen werden; die allgemeinen dagegen sind in der Regel Folge komischer Verhältnisse, z. B. plötzlicher Temperaturschwankungen, großer Nässe oder großer Dürre, heftiger Winde, des Frostes u. s. w.; alle sind nach ihren Ursachen und auch nach der Pflanzenart in ihrem Auftreten verschieden. Die örtlichen Krankheiten sind in der Regel weniger gefährlich als die anderen, indem ein Aufheben der Ursache und eine Entfernung des erkrankten Theiles meistens auch die Gesundheit der Pflanze herstellt; allein nicht immer läßt sich die Ursache durch menschliche Macht beseitigen. — Alle Krankheiten durch wahre Schmarotzergewächse gehören hierher, so die Weinkrankheit und die Veränderungen durch die Brandpilze, wo nur diejenigen Theile krank sind, welche von den Schmarotzern befallen wurden. Die Krankheit des Kartoffelkrautes dagegen ist eine Fäulnisserscheinung, durch Erkältung der Pflanze veranlaßt, der Pilz, welcher dieselbe begleitet, ist kein Schmarotzer, er nährt sich nur vom Saft der schon erstorbenen Zellen. — Eine zuckerartige Ausschwitzung auf der Oberseite der Blätter bezeichnet man als Honigthau, der Mehlthau dagegen, als weißer Anflug, wird niederen Pilzen zugeschrieben. Die Galläpfel und ähnliche Anschwellungen im Blatt- und Knospengewebe sind durch Insecten veranlaßt, welche ihre Eier in die jungen Theile der Pflanze legten und durch die Fortdauer des Reizes eine abnorme Wucherung der Gewebe veranlaßt haben. Zufällige Veränderungen anderer Art können, wenn sie von der Pflanze nicht zeitig ausgeheilt werden, durch Nässe Fäulniss und damit das Hohlwerden der Bäume u. s. w. veranlassen. — Bei Lichtmangel kränkeln viele Pflanzen, während andere den Schatten lieben; anhaltende Dürre ist den meisten Gewächsen nachtheilig und dauernde Nässe tödtet sie ebenfalls. Die eine Pflanze braucht viel Wärme, die andere nur wenig, ein Gefrieren des Saftes ertödtet dagegen, wie ich vermute, immer die Zellen, desgleichen wird eine Erhitzung bis zum Siedepunkt von keiner Pflanze vertragen. Das eine Gewächs ist endlich für plötzliche Temperaturschwankungen unempfindlich, das andere dagegen verlangt eine gleichmäßige Temperatur. — Das Studium der Pflanzenkrankheiten setzt eine genaue Kenntniß des ana-

tomischen Baues, der chemischen Zusammensetzung und besonders der normalen Lebensweise der betreffenden Gewächse voraus, auch darf man nicht voreilig von einer Krankheit auf die andere schließen.

Die Lebensdauer und der natürliche Tod der Gewächse.

§. 90. Die Lebensdauer der Pflanze ist, wie im Thierreich, nach den Arten sehr verschieden, auch keinesweges überall auf einen bestimmten Zeitraum beschränkt; sie wird vielfach nach Umständen verlängert oder verkürzt. — Bei sehr vielen Pflanzen kann man bestimmte Lebensphasen, denen ein bestimmter Zeitraum angehört, festhalten. Ausserdem muß man bei zusammengesetzten Gewächsen das Absterben eines bestimmten Theiles von dem Absterben der Gesamtpflanze unterscheiden. Viele Gewächse, die man im allgemeinen Leben ein- oder zweijährig nennt, sind in der Wirklichkeit fortdauernd, weil nur ein bestimmter Theil derselben innerhalb einer oder mehrerer Wachstumsperioden seinen Lebenslauf vollendet, während ein anderer Theil desselben Pflanzenexemplars in der kommenden Wachstumsperiode neue Triebe entsendet.

Bei der Frage über die Lebensdauer muß man deshalb zuerst einfache und zusammengesetzte Pflanzen unterscheiden. Einfach ist ein Gewächs, wenn es nur ein einziges in sich abgeschlossenes Ganzes bildet, das sich durch Knospenbildung irgend welcher Art nicht vergrößern kann, während die zusammengesetzte Pflanze durch Knospenbildung neue Zweige (Sprosse) erzeugt. Die einfache Pflanze stirbt, sobald sie ihr Lebensziel (ihre Blüten- und Fruchtbildung) erreicht hat, die zusammengesetzte dagegen lebt, wenn der Hauptstamm und die alten Zweige aus Ziel gelangt sind, durch neu entstandene Zweige weiter. Hier verhält sich jeder Zweig wie dort die einfache Pflanze, beide verlängern sich nicht mehr, sobald ihre Endknospe zur Blüthe geworden, allein die einfache Pflanze stirbt ab, während der Zweig, als Theil eines zusammengesetzten Gewächses, meistens lebendig bleibt und aus neuen Knospen wieder Zweige treibt, deren Blätter ihn ernähren. Somit ist der Baum ein Complex vieler Aeste und Zweige auf einem gemeinsamen Hauptstamm, dessen Wurzel in der Erde wieder aus vielen Wurzelästen und Zweigen besteht. Der jugendliche Theil der Wurzeln (p. 120) und die jungen noch Blätter tragenden Zweige ernähren hier die übrigen Theile, welche nicht mehr in die Länge wachsen, wohl aber sich verdicken. Da nun der Baum das Vermögen hat immer neue Knospen zu treiben, so wird, so lange diese Fähigkeit fortdauert, auch sein Wachsthum nicht erlöschen, sein Stamm wird,

so lange diese Endknospe fortwächst, in die Länge wachsen und werden die Zweige demselben Beispiel folgen; mit dem Verlust der Endknospe aber wird die Verlängerung des betreffenden Theiles aufhören, dagegen nicht selten die Verzweigung im erhöhten Maße eintreten (der Drachenbaum [*Dracaena Draco*], wo jeder Ast sich erst verzweigt, wenn er geblüht hat) (Fig. 159). Bei anderen zusammengesetzten Pflanzen

Fig. 159.



ist oft nur ein bestimmter Theil, z. B. der Wurzelstock, ausdauernd, während andere Theile, z. B. die Zweige, nachdem sie geblüht haben, absterben (bei vielen ausdauernden Gräsern [*Saccharum*, *Arundo Do-*

Fig. 159. Der alte Drachenbaum im Garten des Marques de Sauzal in der Villa de la Orotava auf Tenerife. Links ein junger Baum, der noch nicht geblüht, rechts ein Baum, der 3mal blühte.

nax]), noch andere aber haben gar keine ausdauernde Theile und erreichen in einer Wachstumsperiode ihre Endschaft (die einjährigen, oftmals verzweigten Gräser und viele krautartige Pflanzen). Die Bäume dagegen sind vielfach auf ein hohes Alter angewiesen; 3000 — 4000 jährige Bäume sind bekannt (*Dracaena Draco*, *Wellingtonia*, *Taxodium*, *Taxus*). — Das normale Absterben der Pflanze scheint in einer allmähigen Abnahme sämtlicher Lebenserscheinungen zu beruhen; alte Bäume werden in der Regel gipfeldürre. Wie das normale Absterben der Zelle sich durch ein Schwinden des Saftes kund giebt (p. 80), so kann auch der normale Tod der Pflanze als ein Vertrocknen bezeichnet werden¹⁾.

¹⁾ Als Pflanzenindividuum bezeichnen Einige (A. BRAUN) den Spross einer zusammengesetzten Pflanze, Andere dagegen (KLOTZSCH) das auf geschlechtlichem Wege entstandene Pflanzenexemplar.

Druckfehler.

- pag. 4 Zeile 1 von oben statt Pflanzenstoff lies Pflanzenzellstoff.
 „ 57 „ 2 „ unten „ a Nahrungsgewebe lies c Nahrungsgewebe.
 „ 72 „ 1 „ „ „ primäre Rinde lies grüne Rinde.
 „ 145 „ 2 „ oben „ Blütenstand lies Sporenstand.
 „ 162 „ 7 „ „ „ Sylus lies Stylus.

Sachregister.

A.

Achenium 188.
Achse der Pflanze 82.
Achselknospe 85.
Acrospore 134.
Adventivknospe 85.
Aehre 166.
Aestivatio 165.
Albumen 181.
Aleuron 17.
Algen, Gewebe 37.
- Fortpflanzung 136.
Alkaloide 17.
Amentum (Kätzchen) 166.
Amylum 15.
Androspore 132.
Anthere 155.
Antheridie 129. 130.
Antherozoiden 131. 136.
Archegonium 130. 143.
Arillus 174.
Arten der Zelle 32.
Articulatio 108.
Asci 134.
Athemhöhle 53.
Aufbrechen der Knospen 87.
Aufspringen der Früchte 187.
- der Staubbeutel 155.
Austrocknen 198.
Aufsenhaut des Pollens 170.

B.

Bacca 188.
Bäume 203.
Basidie 134.
Bastarde 185.
Bastparenchym 51.
Bastzellen 49.

Baumwolle 55.
Beere 188.
Befruchtung der Algen 136.
- der Phanerogamen 168.
Befruchtungskörper 130.
Befruchtungskugel 136.
Bestäubung 173.
Bewegungserscheinungen 198.
Blatt 103.
Blattfläche 108.
Blattgelenk 108.
Blattgestalten 108.
Blattgrün 17.
Blatthäutchen 108.
Blattkreise der Blüthe 148.
Blattnerven 70. 110.
Blattscheide 108.
Blattspreite 108.
Blattstellung 114.
Blüthe 146.
Blüthenknospe 147.
Blüthenstand 165.
Blüthenstaub 169.
Blumenblätter 152.
Blumenkrone 152.
Borke 99.
Bractea 165.
Brennhaare 55.
Brutknospen 88.
Brutzellen 132.
Bursicula 170.

C.

Calyptra 142.
Calyx 152.
Cambium 33. 40.
Cambiumbündel 60.
Cambiumring 58.
Capitulum 166.

Capsula 167.
 Carpellum 158.
 Cauliculus 90.
 Cellulose 3.
 Chalaza 175.
 Chlorophyll 17.
 Circulation des Zellsaftes 11.
 Collenchym 32. 40.
 Columella 142.
 Connectivum 155.
 Copulation der Algen 138.
 Corolla 152.
 Corpuscula der Nadelhölzer 182.
 Cotyledon 104.
 Cupula 157.
 Cuticula 29.
 - der Pollenkörner 170.
 Cuticularschichten 29.
 Cuticularstoff 4.

D.

Deckelrosette bei den Nadelhölzern 182.
 Dehiscencia 187.
 Dehnbarkeit der Zellwand 23.
 Dextrin 16.
 Diffusion 70.
 Dimorphismus der Pilze 134.
 Diosmose 70.
 Discus 157.
 Dolde 166.
 Dornen 92.
 Drüsen 78.
 Drupa 188.

E.

Einzelfrucht 186.
 Eiweißstoffe 4.
 Elektrizität als Reizmittel 11. 199.
 Embryo 190.
 Embryonalschläuche der Nadelhölzer 183.
 Embryosack 177.
 Endknospe 84.
 Endocarpium 188.
 Endosperm 190.
 Entartung 199.
 Epiblema 53.
 Epicarpium 188.
 Epidermis 52.
 Epithelium 52.
 Erfrieren der Pflanzen 200.
 Ernährung 70.
 Exine 170.

F.

Fadenapparat der Keimkörperchen 178.
 Fadenlager (Mycelium) 183.
 Farbstoffe 17.
 Filamentum 155.
 Flachstengel 92.
 Flechten, Fortpflanzung 133.
 - Gewebe 35.
 Formen der Verdickungsschichten 8.
 Fortpflanzung der Phanerogamen 195.
 Fovilla 172.
 Frucht 186.
 Fruchtblätter 158.
 Fruchtknoten 157.
 Fruchtknotenhöhle 157.
 Fruchtstand 186.
 Funiculus (Knospenträger) 177.

G.

Gährungspilz 36.
 Gefäße 43.
 Gefäßbündel 60.
 - der Kryptogamen 61.
 - - Monocotyledonen 64.
 - - Dicotyledonen 66.
 - Holztheil desselben 66.
 - Basttheil - 66.
 Gegenfüßler der Keimkörperchen 178.
 Gemmula 174.
 Gerbstoff 17.
 Germen 157.
 Gestalt der Zellen 23.
 Gewebe, leitendes 160.
 - der Algen 37.
 - - Pilze und Flechten 35.
 Gitterzellen 51.
 Gonidien 135.
 Gummi 16.

H.

Haare 54.
 Harz 17.
 Harzgänge 79.
 Hautschicht des Protoplasma 11.
 Hilum 175.
 Hörnchen (Algen) 136.
 Hohlwerden der Bäume 200.
 Holz, Bau desselben 99.
 Holzparenchym 47.
 Holzring 67.
 Holzstoff (Xylogen) 4.
 Holzzellen 46.

Honigbehälter 157.
Hyphen 133.

I

Jahresringe 67.
Individuum 203.
Indusium 144.
Innenhaut des Pollens 170.
Innenhäutchen der Zelle 10.
Integumentum 174.
Intercellularräume 27.
Intercellularstoff 28.
Internodium 87.
Intine 170.
Intussusception 23.
Inulin 15.

K.

Kätzchen 166.
Kaoutschouk 17.
Kapsel Frucht 187.
Kartoffelkrankheit 200.
Keim 190.
Keimbläschen der Kryptogamen 141.
- - Phanerogamen 169.
Keimblatt 104.
Keimkörperchen 169.
Keimlager 191.
Keimorgan 130.
Keimung der Phanerogamen 195.
Kelch der Lebermoose 142.
- - Phanerogamen 152.
Kernkörperchen des Zellkerns 13.
Kernscheide 121.
Kernwarze 174.
Kieselskelet der Zellen 10.
Klebermehl 17.
Knolle 90.
Knospe 83.
Knospen, Vermehrung durch 196.
Knospengrund (Chalaza) 175.
Knospenhülle (Integumentum) 174.
Knospenkern (Nucleus) 174.
Knospenlage der Blätter 114.
Knospenmund (Mikropyle) 174.
Knospenschuppen 106.
Knospenträger (Funiculus) 177.
Köpfchen 166.
Kork 56.
Korksubstanz 4.
Krankheiten 199.
Krystalle 17.

L.

Laubblatt 108.
Leben der Pflanze 79.

Lebensdauer der Gewächse 201.
Lebenskraft 5.
Lederkork (Periderma) 57.
Lenticellen 57.
Ligula 108.
Luftgänge u. s. w. 27.

M.

Mamilla nuclei 174.
Mark 58. 98.
Markscheide 98.
Markstrahlen 66. 97.
Markstrahlzellen 47.
Maserbildung 100.
Megaspore 145.
Mehbran der Zelle 5.
- - primäre 5.
Merenchym 40.
Methode der Untersuchung 2.
Mikrogonidien 138.
Mikrospore 145.
Mikropyle 174.
Milchsaftegänge 27.
Milchsaftegefäße 49.
Mittelband der Anthere 155.
Mittelsäulchen der Laubmoose 142.
- - d. Phanerogamen 151. 159.
Mutterzellen 18.
Mycelium 133.

N.

Nabelschnur (Raphe) 175.
Narbe 162.
Nebenblätter 108.
Nebenknospe 85.
Nebenkrone 157.
Nebenstaubbäden 157.
Nebenwurzel 118.
Nectaria 157.
Nucleus 174.

O.

Oberhaut 52.
Ochrea 108.
Oculiren 101.
Oelbehälter 79.
Oele 16.
Oogonium 136.
Oospore 139.
Ovulum 174.

P.

Pappus 157.
Paracorolla 157.

Paraphysen 141.
 Parastamina 157.
 Parenchym 38.
 - verholztes 40.
 Parthenogenesis 185.
 Pectose 16.
 Perianthium der Phanerogamen 152.
 Periderma 57.
 Perigonium 152.
 Perisperm 190.
 Petalum 152.
 Pfahlwurzel 118.
 Pflanzen, einfache 201.
 - zusammengesetzte 201.
 Pflanzengallerte 16.
 Propfen 102.
 Phylloidium 108.
 Pilze und Flechten, Fortpflanzung 133.
 - - - Gewebe 35.
 Pistill der Kryptogamen 130.
 - - Phanerogamen 157.
 Placenta 160.
 Plumula 191.
 Polarisirtes Licht 81.
 Pollen 169.
 Pollensäcke 154.
 Pollenschläuche 171.
 Poren und Porencanäle 8.
 Praefloratio (Aestivatio) 165.
 Primordialschlauch 6.
 Proteinverbindungen 4.
 Protoplasma 11.
 Protoplasmakugel 178.
 Protoplasmaströme 11.

R.

Racemus 166.
 Radicula 191.
 Ranken 92.
 Raphe 175.
 Resorption 77.
 Retinaculum 169.
 Rhizoma 88.
 Richtung der Pfahlwurzel 119.
 Rinde 100.
 - primäre 58. 100.
 - secundäre 58. 101.
 Ringgefäß 43.

S.

Saftstrom in der Pflanze 70.
 - - - Zelle 11.
 Saftfäden (Paraphysen) 19. 141.
 Salze 17.
 Same 189.

Sameneiweiß 181. 190.
 Samenknospe 174.
 Samenkörper (Befruchtungskörper) 130.
 136.
 Samenlappen 104.
 Samenreife der Nadelhölzer 194.
 Samenschale 189.
 Samenstand 189.
 Samenträger (Spermophorum) 160.
 Saugwurzel 120.
 Scheinzellen 12.
 Schizocarpia 187.
 Schlaf der Pflanzen 198.
 Schleier (Indusium) 144.
 Schließfrucht 187.
 Schleuderer der Equisetaceen 145.
 - - Lebermoose 142.
 Schlusfzellen der Nadelhölzer 182.
 Schmarotzerpflanzen 123.
 Schuppen 54.
 Schuppenansätze 86.
 Schwärmfäden 131.
 Schwärmsporen 132. 138.
 Secretion 78.
 Sepalum 152.
 Seta der Leber- und Laubmoose 141.
 Siebröhren 51.
 Sinnespflanzen 198.
 Spaltfrucht 188.
 Spaltöffnungen 53.
 Spatha 165.
 Specialmutterzelle 21.
 Spermation 132. 134.
 Spermatozoiden 131.
 Spermogonien 134.
 Spica 166.
 Spiralband 8.
 Spiralgefäß 43.
 Sporangium 144.
 Spore 135. 139. 142. 145.
 Sporenstand 203.
 Sporn 157.
 Spreublätter 167.
 Stacheln 54.
 Stärkmehl 15.
 Stamen 152.
 Stamm 83.
 - der Dicotyledonen 97.
 - - Kryptogamen 94.
 - - Monocotyledonen 95.
 Stammausschlag 197.
 Stammknospe 83.
 Staubbeutel 155.
 Staubbeutelträger 155.
 Staubblatt (Staubfaden) 152.
 Staubweg 162.

Stecklinge 197.
 Stengelglied 87.
 Stigma 158. 162.
 Stipulae 108.
 Stockausschlag 197.
 Stylospore 135.
 Stylus 162.
 Suber 57.

T.

Terminalknospe 84.
 Testa 189.
 Thallus 133.
 Thecaspore 135.
 Thela conductrix 160.
 Tochterzellen 18.
 Tod der Gewächse 201.
 - - Zelle 79.
 Traube 166.
 Traubenkörper der Urticeen 25.
 Traubenkrankheit 200.
 Treppengefäß 43.
 Tüpfel und Tüpfelcanäle 8.
 Tüpfelgefäß 43.

U.

Ueberwallung 102.
 Umbella 166.
 Urparenchym 39.

V.

Vacuolen (Scheinzellen) 12.
 Vasa propria 42.
 Vegetationskegel 84.
 Velamen radicum 128.
 Verdickungsring 58.
 Verdickungsschichten 5.
 Verholzung 4. 10.

Verkorkung 4. 10.
 Verwachsung 149.
 Vorkeim der Kryptogamen 131.

W.

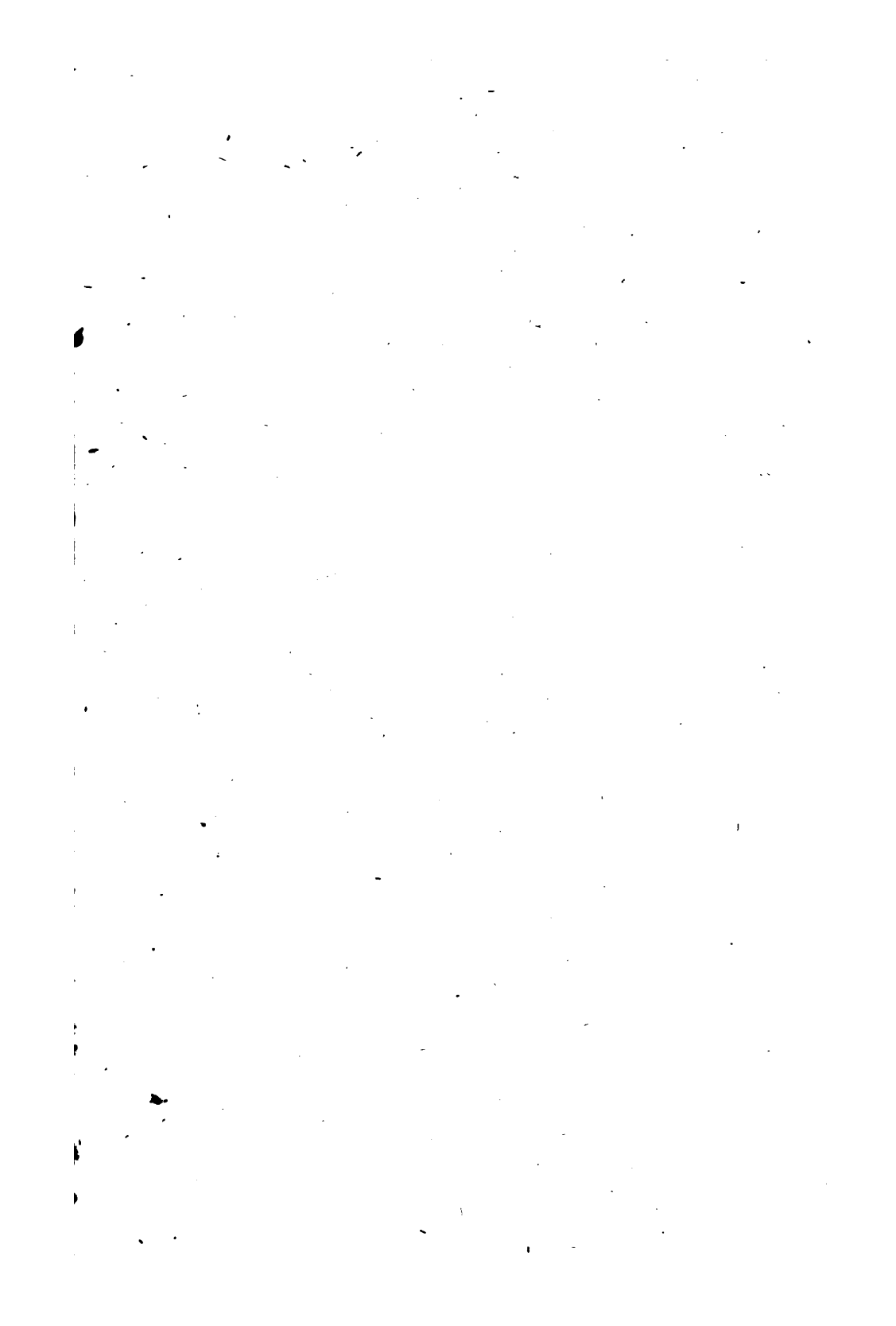
Wachs 17.
 Wachstum der Pflanze 93. 201.
 - - Zellwand 22.
 Wärmeentwicklung in der Pflanze 77.
 Wechselwirkung der Zellen 35.
 Wedel 93.
 Wurzel 117.
 Wurzelabscheidung 78.
 Wurzelabschlag 129.
 Wurzel, Gestalten derselben 122.
 Wurzelhaare 125.
 Wurzelhaube 126.
 Wurzelholz 128.
 Wurzelhülle 124. 128.
 Wurzelknospe 118.
 Wurzelstock 88.

X.

Xylogen 4.

Z.

Zapfen 166.
 Zelle 1.
 Zellenbildung 19.
 Zellkern 13.
 Zellmembran 5.
 Zellsaft 14.
 Zellstoff 3.
 Zucker 16.
 Zweig 83.
 - verkürzter 87.
 Zwiebel 90.
 Zwitterblüthe 146.



**GENERAL LIBRARY
UNIVERSITY OF CALIFORNIA—BERKELEY
RETURN TO DESK FROM WHICH BORROWED**

**This book is due on the last date stamped below, or on the
date to which renewed.**

Renewed books are subject to immediate recall.

Biology Library

APR 1 1955
JUN 14 1955

LD 21-100m-1,'54(1887s16)476

U.C. BERKELEY LIBRARIES



C026273907

